



(19)

**JAPANESE PATENT OFFICE**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06045708 A

(43) Date of publication of application: 18.02.94

(51) Int. Cl

H01S 3/18  
H01L 21/205

(21) Application number: 04250280

(22) Date of filing: 18.09.92

(30) Priority: 20.09.91 JP 03241533  
25.12.91 JP 03342825  
04.03.92 JP 04 46547  
10.03.92 JP 04 51563  
26.03.92 JP 04 68000  
25.05.92 JP 04132304

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: KONDO MASATO  
ANAYAMA CHIKASHI  
FURUYA AKIRA  
SUGANO MASAMITSU  
DOUMEN MEGUMI  
TANAHASHI TOSHIYUKI  
SEKIGUCHI HIROSHI

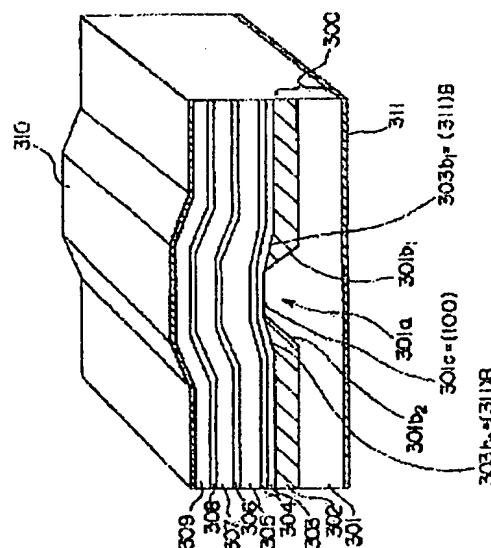
(54) STRIPE LASER DIODE AND MANUFACTURE THEREOF

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To efficiently construct the driving current to be inputted to a laser diode by a method wherein, using Mg as a P-type dopant, the resistivity of a clad layer to be grown by an MOCVD method is uniformly set irrespective of crystal surface.

**CONSTITUTION:** InGaAlP layers 305 and 309 are formed on a semiconductor substrate by deposition of source gas containing In, Ga, Al and P in such a manner that the first stripe structure 301a is contained. The second stripe structure is formed on the InGaAlP layer, and the second stripe structure constitutes the first stripe structure by a plurality of crystallographically non-equivalent surface corresponding to each non-equivalent surface. While the InGaAlP layer is being grown by adding Mg-containing source gas to the source gas containing In, Ga, Al and P, a P-type doping operation is conducted uniformly on the crystal surface which constitutes the second stripe structure.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-45708

(43)公開日 平成 6 年(1994) 2月18日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数32(全 35 頁)

(21)出願番号 特願平4-250280

(22)出願日 平成 4 年(1992) 9 月18日

(31)優先権主張番号 特願平3-241533

(32)優先日 平 3 (1991) 9 月20日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平3-342825

(32)優先日 平 3 (1991)12月25日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平4-46547

(32)優先日 平 4 (1992) 3 月 4 日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 近藤 真人

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 穴山 親志

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 古谷 章

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

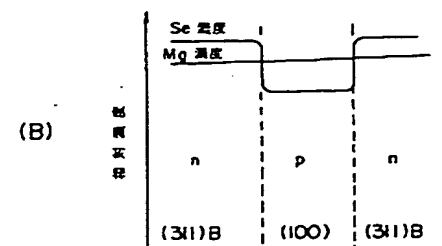
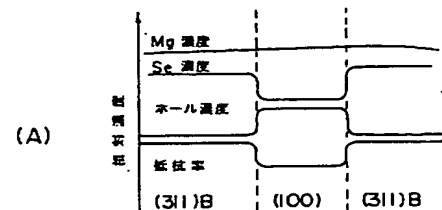
(54)【発明の名称】 ストライプレーザダイオードおよびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 電流狭窄効率の向上したストライプレーザダイオードをMOCVD法により形成するレーザダイオードの製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 レーザダイオードのクラッド層をInGaAlPのMOCVD成長で形成する場合に、ソースガスにMgのドーパントガスを混入し、結晶面の面方位によらず一様なドーパント濃度を達成する。またソースガスにZnとSeのドーパントガスを混入し、ストライプレーザダイオードのストライプ構造部分に電流が集中するようにドープレベルを設定する。

各結晶面と、Mg濃度、Se濃度、ホール濃度及び抵抗率との関係を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板の主面上に第1のストライプ構造を、前記第一のストライプ構造が所定方向に互いに平行に延在する結晶学的に非等価な複数の面により構成されるように形成する工程と、

前記半導体基板上に、前記第1のストライプ構造を含むように、InGaAlP層をIn, Ga, Al, Pを含むソースガスの分解により、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながら形成し、その際前記InGaAlP層に第2のストライプ構造を、前記第2のストライプ構造が前記第1のストライプ構造を構成する前記結晶学的に非等価な面の各々に対応する結晶学的に非等価な複数の面により構成されるように形成する工程とを含むレーザダイオードの製造方法において、前記InGaAlP層が成長する間に、Mgを含むソースガスを前記In, Ga, Al, Pを含むソースガスに加えることにより、前記InGaAlP層が、前記第2のストライプ構造を構成する結晶面に無関係に実質的に一様にp型にドーピングする工程を特徴とするストライプレーザダイオードの製造方法。

【請求項2】 前記Mgを含むソースガスは式 $(C_5H_5)_2Mg$ を有するビスシクロペンタジエニルマグネシウムであることを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項3】 前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記Mgを含むソースガスを、前記InGaAlP層を形成する工程が開始されるよりも前に供給して、Mgが前記InGaAlP層の成長開始時から実質的に一様な濃度レベルで含まれるようにする工程をさらに含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項4】 前記ストライプ構造の各々は、 $\langle 011 \rangle$ 方向に延在するストライプ状の上主面と、同じく $\langle 011 \rangle$ 方向に延在する一対のストライプ状側壁面とよりなるメサ構造を有し、前記主面は(100)面よりなるのに対し、前記側壁面は(311)B面よりなることを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項5】 前記InGaAlP層(305)が形成された後、前記InGaAlP層上に前記ストライプ構造を含むように、InGaAlPよりも小さいバンドギャップを有する非ドーピング半導体材料よりなる活性層を、前記InGaAlP層とエピタキシー関係を維持しながら形成する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項6】 更に、前記InGaAlP層の成長が開始されるに先立って、前記基板上にp型半導体層を成長する工程を含み、前記p型半導体層を成長する工程は、Mg以外のp型ドーパントを前記半導体層のソースガスと同時に供給し、次いで前記半導体層のソースガスにMgを含むソースガスを加え、前記InGaAlP層の形成工程が開始された場合にMgが所望の濃度レベルで含まれるようにする工程を含むことを特徴とする請求項1

記載の製造方法。

【請求項7】 前記InGaAlP層の形成工程が開始されるに先立って、InGaAlPよりも小さいバンドギャップを有する非ドーピング半導体材料よりなる活性層を、前記基板上の前記ストライプ構造に整合して、かつ基板とエピタキシー関係を維持しながら、しかも前記InGaAlP層が前記活性層上に形成されるように形成する工程を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程はMg以外のドーパントを前記InGaAlP層の形成工程の開始と同時に供給し、前記InGaAlP層にMgが一定の濃度レベルで含まれるようになると供給を停止する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の製造方法。

【請求項8】 半導体基板の主面上に第1のストライプ構造を、前記第一のストライプ構造が所定方向に互いに平行に延在する結晶学的に非等価な複数の面により構成されるように形成する工程と、前記半導体基板上に、前記第1のストライプ構造を含むように、InGaAlP層をIn, Ga, Al, Pを含むソースガスの分解により、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながら形成し、その際前記InGaAlP層に第2のストライプ構造を、前記第2のストライプ構造が前記第1のストライプ構造を構成する前記結晶学的に非等価な面の各々に対応する結晶学的に非等価な複数の面により構成されるように形成する工程とを含むレーザダイオードの製造方法において、更に、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層を、その成長時に、In, Ga, Al, Pのソースガスにp型ドーパントのソースガスとn型ドーパントのソースガスとを加えることにより、前記p型ドーパントと前記n型ドーパントとにより同時にドーピングし、前記InGaAlP層の電子的性質を前記InGaAlP層の結晶学的に非等価な面に対応して変化させる工程を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項9】 前記結晶学的に非等価な結晶面は前記(100)面の他に(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記p型ドーパントとしてMgのソースガスと、前記n型ドーパントとしてSeのソースガスとを同時に加える工程を含み、前記ドーピング工程ではMgとSeの前記InGaAlP層中における濃度が、前記InGaAlP層がp型にドーピングされ、かつキャリア濃度が前記(100)面上に成長した部分で前記(311)B面上に成長した部分におけるよりも高くなるように設定されることを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項10】 前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層が前記(100)面上に成長した部分と前記(311)B面上に成長した部分とにおいて約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度でMgを含み、またSeを前記(100)面上に成長した部分で約 $4 \times 10^{17}$

$\text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)B面上に成長した部分で約 $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように実行されることを特徴とする請求項9記載の製造方法。

【請求項11】 前記結晶学的に非等価な結晶面は前記(100)面の他に(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記p型ドーパントとしてMgのソースガスと、前記n型ドーパントとしてSeのソースガスとを同時に加える工程を含み、前記ドーピング工程ではMgとSeの前記InGaAlP層中における濃度が、前記InGaAlP層が前記(100)面上に成長した部分ではp型にドーピングされ前記(311)B面上に成長した部分ではn型にドーピングされるように設定されることを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項12】 前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層が前記(100)面上に成長した部分と前記(311)B面上に成長した部分とにおいて約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度でMgを含み、またSeを前記(100)面上に成長した部分で約 $6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)B面上に成長した部分で約 $1.2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように実行されることを特徴とする請求項11記載の製造方法。

【請求項13】 前記結晶学的に非等価な結晶面は前記(100)面の他に(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記p型ドーパントとしてZnのソースガスと、前記n型ドーパントとしてSeのソースガスとを同時に加える工程を含み、前記ドーピング工程ではZnとSeの前記InGaAlP層中における濃度が、前記InGaAlP層がn型にドーピングされ、かつキャリア濃度が前記(100)面上に成長した部分で前記(311)B面上に成長した部分におけるよりも高くなるように設定されることを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項14】 前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層がZnを前記(100)面上に成長した部分において約 $6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)B面上に成長した部分において約 $1.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように、さらにSeを前記(100)面上に成長した部分で約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)B面上に成長した部分で約 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように実行されることを特徴とする請求項13記載の製造方法。

【請求項15】 前記結晶学的に非等価な結晶面は前記(100)面(301c)の他に(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記p型ドーパントとしてZnのソースガスと、前記n型ドーパントとしてSeのソースガスとを同時に加える工程を含み、前記ドーピング工程ではZnとSeの前記InGaAlP層中における濃度が、前記InGaAlP層が前記(100)面上に成長した部分ではp型にドーピングされ前記(311)B面上に成長した部分ではn型にドーピングさ

れるように設定されることを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項16】 前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層がZnを前記(100)面上に成長した部分において約 $7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)B面上に成長した部分において約 $2.1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように、さらにSeを前記(100)面上に成長した部分で約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)B面上に成長した部分で約 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように実行されることを特徴とする請求項15記載の製造方法。

【請求項17】 前記結晶学的に非等価な結晶面は前記(100)面(301c)の他に(311)A面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記p型ドーパントとしてZnのソースガスと、前記n型ドーパントとしてSeのソースガスとを同時に加える工程を含み、前記ドーピング工程ではZnとSeの前記InGaAlP層中における濃度が、前記InGaAlP層が前記(100)面上に成長した部分ではn型にドーピングされ前記(311)A面上に成長した部分ではp型にドーピングされるように設定されることを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項18】 前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層がZnを前記(100)面上に成長した部分において約 $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)A面上に成長した部分において約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように、さらにSeを前記(100)面上に成長した部分で約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で、また前記(311)A面上に成長した部分で約 $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の濃度で含むように実行されることを特徴とする請求項17記載の製造方法。

【請求項19】 更に、前記InGaAlP層に隣接して第2のInGaAlP層を、前記第1のInGaAlP層のうち前記(311)A面上に形成されている部分と前記第2のInGaAlP層との間にp-n接合が形成されるように形成する工程を含むことを特徴とする請求項17記載の製造方法。

【請求項20】 前記結晶学的に非等価な結晶面は前記(100)面(301c)の他に(311)A面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記p型ドーパントとしてZnのソースガスと、前記n型ドーパントとしてSeのソースガスとを同時に加える工程を含み、前記ドーピング工程ではZnとSeの前記InGaAlP層中における濃度が、前記InGaAlP層がn型にドーピングされ、かつ前記(100)面上に成長した部分において前記(311)A面上に成長した部分におけるよりも小さい抵抗率を有するように設定されることを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項21】 半導体基板の主面上に、所定方向に延在して段部を形成する(311)A面を含んだ第1のス

トライブ構造を形成する工程と、

前記半導体基板上に、前記第1のストライブ構造を含むように、InGaAlP層を、In, Ga, Al, Pを含むソースガスの分解により、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながら形成し、その際前記InGaAlP層に第2のストライブ構造を、前記(311)A面に対応する別の(311)A面が含まれるように形成する工程とを含むレーザダイオードの製造方法において、

更に、前記InGaAlP層をドーブする工程は、前記InGaAlP層を、その成長時に、In, Ga, Al, PのソースガスにZnのソースガスとSeのソースガスを加えることにより、前記InGaAlP層を前記(311)A面においてp型にする工程を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項22】 前記第1のストライブ構造を形成する工程は、前記半導体基板の主面を(100)面に対して傾いた面として形成する工程を含むことを特徴とする請求項21記載の製造方法。

【請求項23】 更に、前記第1のInGaAlP層に隣接して、p型の第2のInGaAlP層を、前記第1のInGaAlP層と前記第2のInGaAlP層との間に、前記(311)A面上に形成された部分を除き、p-n接合が形成されるように形成する工程を含むことを特徴とする請求項21記載の製造方法。

【請求項24】 さらに、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながらGaAs層を、GaおよびAsを含むソースガスの分解により、前記GaAs層上に前記第1、第2のストライブ構造に対応した第3のストライブ構造が形成されるように、また前記第3のストライブ構造が、前記第1および第2のストライブ構造を構成する結晶学的に非等価な複数の結晶面に対応して、(100)面を含む複数の結晶学的に非等価な結晶面により構成されるように形成する工程とを含み、前記GaAs層を形成する工程は、ZnおよびSeを含むソースガスを加えることにより前記GaAs層をZnおよびSeにより同時にドーブして、前記GaAs層の電子的性質が(100)面上に成長した部分と他の結晶面上に成長した部分とで異なるようにする工程を含むことを特徴とする請求項8記載の製造方法。

【請求項25】 前記GaAs層をドーブする工程は、前記GaAs層が(100)面上に成長した部分では他の結晶面上に成長した部分よりも低い抵抗率を有するように実行されることを特徴とする請求項24記載の製造方法。

【請求項26】 前記GaAs層をドーブする工程は、前記GaAs層が(100)面上に成長した部分がp型にドーブされ、他の結晶面上に成長した部分がn型にドーブされるように実行されることを特徴とする請求項24記載の製造方法。

【請求項27】 半導体基板の主面上に前記主面とは異なった結晶方位を有する結晶面を形成し、前記半導体基板上にエピタキシー関係を維持しながらソースガスの分解によりクラッド層を形成する工程を含むレーザダイオードの製造方法において、

前記クラッド層を形成する工程はp型ドーパントとn型ドーパントとを同時に導入して、クラッド層中に、レーザダイオードの駆動電流を前記半導体基板の特定の結晶面上に成長した部分に集中させる電流狭窄構造を形成する工程を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項28】 第1の端部から第2の、対向側端部まで長手方向に延在する半導体基板と、前記半導体基板上に形成され、前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する(100)面よりなる第1のストライブ面と、各々(100)面とは異なる結晶方位を有し前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する一対の別のストライブ面とよりなるストライブ構造と、

InGaAlPよりなり、前記基板上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成され、前記半導体基板に形成されたストライブ構造に整合するように形成されたストライブ構造を有する第1のクラッド層と、

前記第1のクラッド層よりも小さいバンドギャップを有する非ドーブ半導体材料よりなり、前記第1のクラッド層上に形成されて前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在し、前記基板上に形成されたストライブ構造に整合するように形成されたストライブ構造を有する活性層と、

InGaAlPよりなり、前記活性層上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成され、前記半導体基板に形成されたストライブ構造に整合するように形成されたストライブ構造を有する第2のクラッド層と、

前記半導体基板上に形成されて第1の極性を有する第1種のキャリアを前記第1のクラッド層を介して前記活性層に注入する第1のキャリア注入手段と、

前記第2のクラッド層上に形成されて第2の、前記第1の極性とは逆の極性の第2種のキャリアを前記第2のクラッド層を介して前記活性層に注入する第2のキャリア注入手段とよりなるレーザダイオードにおいて、

前記第1および第2のクラッド層の何れか一方はMgを前記ストライブ構造の有無に関わらず実質的に一様に導入されてなり、一方他方のクラッド層はn型にドーブされてなることを特徴とするレーザダイオード。

【請求項29】 第1の導電型にドーブされ、第1の端部から第2の、対向側端部まで長手方向に延在する半導体基板と、

前記半導体基板上に形成され、前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する(100)面よ

りなる第1のストライプ面と、各々(100)面とは異なる結晶方位を有し前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する一対の別のストライプ面とより構成される第1のストライプ構造と、

InGaAlPよりなり、前記基板上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第1のクラッド層と、

前記第1のクラッド層上に前記第1のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(100)面よりなる第2のストライプ面と、前記第2のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し

(100)面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第2のストライプ構造と、

前記第1のクラッド層よりも小さいバンドギャップを有する非ドープ半導体材料よりなり、前記第1のクラッド層上に形成されて前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在し、第1の極性を有する第1種のキャリアと第2の極性を有する第2種のキャリアとを供給されて前記第1種のキャリアと前記第2種のキャリアとの再結合により光を発生する活性層と、

前記活性層上に前記活性層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(100)面よりなる第3のストライプ面と、前記第3のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(100)面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第3のストライプ構造と、

InGaAlPよりなり、前記活性層上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第2のクラッド層と、

前記第2のクラッド層上に前記第2のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(100)面よりなる第4のストライプ面と、前記第4のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し

(100)面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第4のストライプ構造と、

前記半導体基板上に形成されて第1の極性を有する第1種のキャリアを前記第1のクラッド層を介して前記活性層に注入する第1のキャリア注入手段と、

前記第2のクラッド層上に形成されて第2の、前記第1の極性とは逆の極性の第2種のキャリアを前記第2のクラッド層を介して前記活性層に注入する第2のキャリア注入手段とよりなるレーザダイオードにおいて、

前記第1および第2のクラッド層の一方はZnおよびSeにより同時にドーブされることによりレーザダイオードに注入された駆動電流を前記活性層のうち前記第3の

ストライプ構造に対応する部分に集中的に注入する電流狭窄構造を形成することを特徴とするレーザダイオード。

【請求項30】 前記第1～第4のストライプ構造は前記(100)面に平行に、かつ<011>方向に延在する一対の(311)B面を含むことを特徴とする請求項29記載のレーザダイオード。

【請求項31】 前記第1～第4のストライプ構造は前記(100)面に平行に、かつ<01-1>方向に延在する一対の(311)A面を含むことを特徴とする請求項29記載のレーザダイオード。

【請求項32】 第1の導電型にドーブされ、第1の端部から第2の、対向側端部まで長手方向に延在する半導体基板と、

前記半導体基板上に形成され、前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する(311)A面よりなる第1のストライプ面と、各々(311)A面とは異なる結晶方位を有し前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する一対の別のストライプ面とより構成される第1のストライプ構造と、

InGaAlPよりなり、前記基板上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第1のクラッド層と、

前記第1のクラッド層上に前記第1のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(311)A面よりなる第2のストライプ面と、前記第2のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し

(311)A面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第2のストライプ構造と、

前記第1のクラッド層よりも小さいバンドギャップを有する非ドープ半導体材料よりなり、前記第1のクラッド層上に形成されて前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在し、第1の極性を有する第1種のキャリアと第2の極性を有する第2種のキャリアとを供給されて前記第1種のキャリアと前記第2種のキャリアとの再結合により光を発生する活性層と、

前記活性層上に前記活性層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(311)A面よりなる第3のストライプ面と、前記第3のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(311)A面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第3のストライプ構造と、

InGaAlPよりなり、前記活性層上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第2のクラッド層と、

前記第2のクラッド層上に前記第2のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構

造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(311)A面よりなる第4のストライプ面と、前記第4のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(311)A面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第4のストライプ構造と、

前記半導体基板上に形成されて第1の極性を有する第1種のキャリアを前記第1のクラッド層を介して前記活性層に注入する第1のキャリア注入手段と、

前記第2のクラッド層上に形成されて第2の、前記第1の極性とは逆の極性の第2種のキャリアを前記第2のクラッド層を介して前記活性層に注入する第2のキャリア注入手段とを備え前記第1および第2のクラッド層の一方はZnおよびSeにより同時にドーピングされることによりレーザダイオードに注入された駆動電流を前記活性層のうち前記第3のストライプ構造に対応する部分に集中的に注入する電流狭窄構造を形成することを特徴とするレーザダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は一般にレーザダイオードに関し、特にストライプ構造を有するレーザダイオードの改良に関する。

【0002】レーザダイオードの社会的な普及、例えば光磁気ディスクへの情報の記憶やいわゆるPOSシステムにおけるバーコードの読み取り、あるいはプリンタにおいてなされる光記録等に伴い、短波長、特に可視光波長において光ビームを発生できるレーザダイオードが要求されている。光記録の分野で短波長ビームを使うことができれば、光情報記録装置の記録容量を大きく増加させることができる。また、可視光の使用は、他の分野例えばPOS装置においても有利である。

【0003】情報を収束光ビームにより記録媒体上に記録しまた再生する光情報記録装置では、レーザダイオードは通常、低閾値電流、高出力、高信頼性等の条件以外に発生される光ビームの非点収差が少ないことが要求される。特に光記録再生装置では光ビームは記録媒体例えば光ディスク上に収束された場合に非常に小さくしかも円形のビーム形状を有するのが望ましい。非点収差が大きいと、光ビームは円形ではなる細長い楕円形状となり、しかも楕円の長軸方向が焦点の結像状態によって変化してしまう。かかる非点収差の問題を解決するために様々な努力がなされている。

【0004】

【従来の技術】図41はいわゆるリッジ型構造を有し可視波長域で光ビームを形成できる従来のレーザダイオードの構成を示す。

【0005】図41を参照するに、レーザダイオードはn型GaAs基板101の(100)面上に構成される。(100)面上にはn型GaAsよりなるバッファ

層102がエピタキシャル成長され、さらにバッファ層102上にはn型InGaPよりなる中間層103がエピタキシャル成長される。

【0006】中間層103上には、n型InGaAlPよりなるクラッド層104がエピタキシャル成長され、さらに非ドーピングInGaPよりなる活性層105がクラッド層104上にエピタキシャル成長される。いっぽう、活性層105上にはp型InGaAlPよりなるクラッド層106が形成され、さらに図示の例ではp型InGaPよりなるエッチングストップ層107がクラッド層106上に形成される。さらに、p型InGaAlPよりなる別のクラッド層109とInGaPよりなる中間層110とが順次形成されて層状半導体構造を形成する。さらに、かかる層状半導体構造上には層110上に図示はしないが酸化シリコン層が堆積される。堆積された酸化シリコン層はリッジ構造に対応してパターンニングされ、前記層状半導体構造はパターンニングされた酸化シリコン層をマスクにしてウエットエッチングを施される。エッチングの結果、層109～110を含んだリッジ構造が形成され、さらに同じ酸化シリコンマスクを使いながらn型GaAsを堆積する。その結果、n型GaAs領域108a、108bが図示したようにリッジ構造の両側に形成される。

【0007】図1の構造では、リッジ構造が左右からn型のGaAs領域108a、108bにより支持されるように形成されるため、かかるリッジ構造はいわゆるロスガイドを形成し、活性層105中で形成された光はリッジ構造に沿って導波される。これは、リッジ構造両側のGaAsがInGaPやInGaAlPよりもバンドギャップが小さいため活性層で形成された光を吸収し、その結果領域108a、108bにおいて屈折率が変化するためである。また、かかるリッジ構造ではリッジ両側のGaAs領域108a、108bがn型にドーピングされているため駆動電流も前記リッジ構造を流れるように電流狭窄をうける。かかる電流狭窄の結果、図41のレーザダイオードは閾値が低い利点を有する。また、活性層105としてInGaPを使っているため約680nmの波長での発振が可能である。すなわち、図41のレーザダイオードは可視光領域での発振が可能である。

【0008】一方、図41のレーザダイオードは発生される光ビームが非点収差を含む問題点を有している。より具体的に説明すると、レーザダイオードの端面から発射される光ビームはビームの発散面が活性層に水平な場合と垂直な場合とで焦点の位置が異なってしまう。図42はかかる非点収差の問題を示す図で、レーザダイオードから発射される光ビームには二つの焦点 $f_1$ 、 $f_2$ が存在する場合を示す。すなわち、光ビームは垂直面内では第1の焦点 $f_1$ から発散するのに対し、水平面内では第2の焦点 $f_2$ から発散し、焦点 $f_1$ と焦点 $f_2$ とは相互に数ミクロン離れている。このように焦点がずれてい

るため、光ビームは光情報記録装置等では好ましくない楕円形のビーム形状を有してしまう。先にも説明したように、かかる楕円形状のビームの長軸方向は光ビームの焦点合わせの状態如何で変化してしまう。

【0009】かかる非点収差は主として活性層に対して水平方向の光閉じ込めの効率と垂直方向での光閉じ込め効率が異なることにより生じるものと考えられる。すなわち、横方向への光閉じ込めを行う屈折率構造を有さないロスガイド構造を使用する限り、非点収差の問題は解決できない。かかる非点収差の問題を解決すべく、本発明の発明者は、先に欧州特許出願公開第0454476号において、基板上にメサ構造を形成し、活性層をメサ構造に沿って延在するように形成したレーザダイオードを提案した。

【0010】図43は前記従来の提案になるレーザダイオードの構造を示す。

【0011】図43を参照するに、レーザダイオードは例えばp型にドーパされたGaAs基板201上に構成され、基板は(100)主面を有するように形成されている。さらに、基板201上には(100)面よりなる主面とその両側に形成される(111)B面よりなる側壁面とにより画成されるメサ構造201aが形成されている。メサ構造201aを形成する(100)面はレーザダイオードの縦方向に延在し、ストライプ構造の基本構造をなす。

【0012】このように形成された基板201には、メサ構造201aの主面を酸化シリコンマスクで被覆した状態でn型GaAsをエピタキシャルに堆積することにより、電流狭窄構造202が形成される。GaAs基板201の(100)面に対して斜めに延在する(111)B面に対してエピタキシャル成長を行った場合、(311)B面の成長速度が遅いため(311)B面が選択的に発達する傾向がある。換言すれば、このようにして形成されたエピタキシャル層202は、メサ構造202aの両側に延在し、GaAsの(100)面に対して傾いた(311)B面を有することを特徴とする。これにより、(311)B面はレーザダイオードのストライプ構造に一致して延在する別のメサ構造を形成する。

【0013】層202が形成されてマスクが除去されると、以後のエピタキシャル成長に必要な良好な結晶面を得るためにp型のGaAsよりなるバッファ層203がエピタキシャル成長され、さらに、中間層110に対応するp型InGaPよりなる中間層204がバッファ層203上にエピタキシャル成長される。中間層204上にはさらにp型InGaAlPよりなるクラッド層205がエピタキシャル成長され、さらにクラッド層205上には非ドーパInGaPよりなる活性層206がエピタキシャル成長される。

【0014】さらに、活性層206上にはn型InGa

AlPよりなるクラッド層207がエピタキシャル成長され、図41の中間層103に対応するn型InGaAlPよりなる中間層208がエピタキシャル成長される。さらに中間層208上にはn<sup>+</sup>型のGaAsよりなるコンタクト層208がエピタキシャル成長され、さらに上部電極および下部電極(図示せず)がそれぞれコンタクト層209の上主面および基板201の下主面に形成されている。これらのエピタキシャル層は組成の精密な制御を要する理由でMOCVD法により形成され、エピタキシャルプロセス中に必要に応じてドーパントを導入する。通常は、p型ドーパントとしてAnが使用され、またn型ドーパントとしてはSeあるいはSiが使われる。Znはエピタキシャル層を形成するソースガスにジメチル亜鉛( $(\text{CH}_3)_2\text{Zn}$ )を混合することにより導入されるのに対し、Seは水素化セレン( $\text{H}_2\text{Se}$ )を混合することで導入される。Siを使う場合はシラン( $\text{SiH}_4$ )あるいはジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )が使われる。

【0015】図43のレーザダイオードは上部電極と下部電極との間に順方向バイアス電圧を印加して活性層206にキャリアを注入することで動作を行う。図示の例では、ホールがp型基板201に注入されて活性層206に向かって流れ、その際メサ構造201aを通過する際にメサ構造201a両側に形成されたn型GaAs層202によりキャリアの狭窄作用がなされる。その結果、ホールはクラッド層205の中央部に選択的に注入され、さらにクラッド層205から活性層206に流れ、活性層206において上部電極から層209、208および207を通して活性層206に注入された電子と再結合を行う。かかる電子とホールの再結合により周知の誘導放出が生じ、レーザダイオードの縦方向両端部に反射器を設けて光ビームを往復反射させることにより、光ビームの増幅が生じる。

【0016】かかるレーザダイオードの構成においては、層203~209は全て前記第2のメサ構造の表面形状に整合した形状を有し、各々の層はメサ構造201aの(100)面に対応した(100)面により特徴づけられる細長いストライプ領域を形成されてなる。さらに、各々のストライプ領域は横方向を、(100)面の両側に形成された層202の(311)B面に対応する面指数(311)Bの斜面により画成される。勿論前記(100)面は平坦でメサ構造201aの上主面に平行に延在する。かかる構造では横方向への光閉じ込め作用により、光ビームは活性層のストライプ領域に閉じ込められるため、キャリアの再結合は主として活性層のストライプ領域において生じ、このため図43の素子は非点収差の問題を解決することができる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】かかる構造においては、各々のエピタキシャル層は結晶学的に非等価な面を



有しているため、エピタキシャル層の性質が結晶面の方位によって変化してしまう問題点が生じる。

【0018】図43の装置においては、クラッド層205はそれぞれ三つの結晶学的に非等価な結晶面を特徴とする三つの領域より構成されている。すなわち、第1の領域は(100)面で特徴づけられる領域で、第2および第3の領域は(311)B面を特徴とし、前記第1の領域の両側に形成され、何れもレーザダイオードの長手方向ないし光軸方向に延在する。後で詳細に検討するが、かかる構造ではドーパントの濃度レベルがクラッド層205の第1～第3の領域で変化することが見出された。より具体的には、Znの濃度レベルは(311)B面で特徴づけられる第2および第3の領域におけるほうが(100)面で特徴づけられる第1の領域におけるよりも高くなり、かかるドーパントの濃度レベルの変化に伴ってキャリア密度が第2および第3の領域で第1の領域よりも高くなる傾向が生じる。かかるキャリア密度の変化が生じるとクラッド層205の抵抗率が前記第1の領域においてその両側の第2、第3の領域よりも高くなってしまい、注入された電流が図43に矢印で示すようにストライプ領域に集中するよりも斜面領域に優先的に流れる傾向が生じる。換言すると、注入された駆動電流は活性層206のストライプ領域を迂回して流れてしまい、電流狭窄の効果が低下し、またこれに伴いレーザダイオードの効率も低下してしまう。

【0019】さらに、図43に示す従来のレーザダイオードはエピタキシャル層中に含まれるZnの濃度が低い点で問題点を有する。より具体的に説明すると、エピタキシャル層中におけるZn濃度が低いとp型層においてホール濃度が低く、このため従来のレーザダイオードでは抵抗が大きく大出力を取り出せない問題点があった。すなわち、かかるレーザダイオードでは、注入電流を増加させると過大な発熱が生じてしまう。かかるエピタキシャル層でZn濃度が低くなる理由は、MOCVDプロセス中において結晶相と平衡するZnの蒸気圧が高く、このためZnが結晶相から蒸発して気相に濃集するために生じると考えられている。従って、この傾向はエピタキシャル相の成長温度が高くなればなるほど顕著になる。一方、良質の結晶層を得るためには成長温度を高くすることが望ましく、従ってかかる良質の結晶層を得る要求はエピタキシャル層中に高いZn濃度を實現する要求と矛盾してしまう。

【0020】従って、本発明の概括的目的は前記の問題点を解決した新規で有用なレーザダイオードおよびその製造方法を提供することにある。

【0021】本発明のより具体的な目的は、可視光波長で大きな非点収差を生じることなく光ビームを発生できる、レーザダイオードおよびその製造方法を提供することにある。

【0022】本発明の別の目的は、結晶学的に非等価な

面を含み所定方向に延在するストライプ構造を形成された基板上に、レーザダイオードを形成する方法において、クラッド層中のドーパント濃度を増大させて抵抗の低いレーザダイオードを製造するレーザダイオードの製造方法を提供することにある。

【0023】本発明のさらに別の目的は、効果的な電流狭窄を実現できる、簡単なレーザダイオードの製造方法を提供することにある。

【0024】

【課題を解決する手段】本発明は、上記の目的を、半導体基板(300, 301, 302)の主面上に第1のストライプ構造(301a)を、前記第一のストライプ構造が所定方向に互いに平行に延在する結晶学的に非等価な複数の面(301c, 303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>)により構成されるように形成する工程と；前記半導体基板上に、前記第1のストライプ構造(301a)を含むように、InGaAlP層(305, 309)をIn, Ga, Al, Pを含むソースガスの分解により、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながら形成し、その際前記InGaAlP層に第2のストライプ構造を、前記第2のストライプ構造が前記第1のストライプ構造を構成する前記結晶学的に非等価な面の各々に対応する結晶学的に非等価な複数の面により構成されるように形成する工程とを含むレーザダイオードの製造方法において、前記InGaAlP層が成長する間に、Mgを含むソースガスを前記In, Ga, Al, Pを含むソースガスに加えることにより、前記InGaAlP層が、前記第2のストライプ構造を構成する結晶面に無関係に実質的に一様にp型にドーピングする工程を特徴とするストライプレーザダイオードの製造方法により、又は半導体基板(300)の主面上に第1のストライプ構造を、前記第一のストライプ構造が所定方向に互いに平行に延在する結晶学的に非等価な複数の面(301c, 303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>)により構成されるように形成する工程と、前記半導体基板上に、前記第1のストライプ構造(301a)を含むように、InGaAlP層(305, 307)をIn, Ga, Al, Pを含むソースガスの分解により、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながら形成し、その際前記InGaAlP層に第2のストライプ構造を、前記第2のストライプ構造が前記第1のストライプ構造を構成する前記結晶学的に非等価な面の各々に対応する結晶学的に非等価な複数の面により構成されるように形成する工程とを含むレーザダイオードの製造方法において、更に、前記InGaAlP層(305, 307)をドーピングする工程は、前記InGaAlP層を、その成長時に、In, Ga, Al, Pのソースガスにp型ドーパントのソースガスとn型ドーパントのソースガスとを加えることにより、前記p型ドーパントと前記n型ドーパントとにより同時にドーピングし、前記InGaAlP層の電子的性質を前記In

GaAlP層の結晶学的に非等価な面に対応して変化させる工程を含むことを特徴とする製造方法により、又は半導体基板(501)の主面上に、所定方向に延在して段部を形成する(311)A面(501c)を含んだ第1のストライプ構造(501a)を形成する工程と；前記半導体基板上に、前記第1のストライプ構造(501a)を含むように、InGaAlP層を、In, Ga, Al, Pを含むソースガスの分解により、前記半導体基板に対してエピタキシー関係を維持しながら形成し、その際前記InGaAlP層に第2のストライプ構造を、前記(311)A面に対応する別の(311)A面(508a)が含まれるように形成する工程とを含むレーザダイオードの製造方法において、更に、前記InGaAlP層(305, 307)をドーブする工程は、前記InGaAlP層を、その成長時に、In, Ga, Al, PのソースガスにZnのソースガスとSeのソースガスとを加えることにより、前記InGaAlP層を前記(311)A面においてp型にする工程を含むことを特徴とする製造方法により、又は第1の端部から第2の、対向側端部まで長手方向に延在する半導体基板(300)と；前記半導体基板上に形成され、前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する(100)面よりなる第1のストライプ面(301a)と、各々(100)面とは異なる結晶方位を有し前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する一対の別のストライプ面(303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>)とよりなるストライプ構造(301a)と；InGaAlPよりなり、前記基板上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成され、前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されたストライプ構造を有する第1のクラッド層(305)と；前記第1のクラッド層よりも小さいバンドギャップを有する非ドーブ半導体材料よりなり、前記第1のクラッド層上に形成されて前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在し、前記基板上に形成されたストライプ構造に整合するように形成されたストライプ構造を有する活性層(306)と；InGaAlPよりなり、前記活性層上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成され、前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されたストライプ構造を有する第2のクラッド層(307)と；前記半導体基板上に形成されて第1の極性を有する第1種のキャリアを前記第1のクラッド層を介して前記活性層に注入する第1のキャリア注入手段(311)と；前記第2のクラッド層上に形成されて第2の、前記第1の極性とは逆の極性の第2種のキャリアを前記第2のクラッド層を介して前記活性層に注入する第2のキャリア注入手段(308~310)とよりなるレーザダイオードにおいて、前記第1および第2のクラッド層(305, 307)の何れか一方はMgを

前記ストライプ構造の有無に関わらず実質的に一様に導入されてなり、一方他方のクラッド層はn型にドーブされてなることを特徴とするレーザダイオードにより、又は第1の導電型にドーブされ、第1の端部から第2の、対向側端部まで長手方向に延在する半導体基板(300)と；前記半導体基板上に形成され、前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する(100)面よりなる第1のストライプ面(301a)と、各々(100)面とは異なる結晶方位を有し前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する一対の別のストライプ面(303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>)とより構成される第1のストライプ構造(301a)と；InGaAlPよりなり、前記基板上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第1のクラッド層(305)と；前記第1のクラッド層上に前記第1のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(100)面よりなる第2のストライプ面と、前記第2のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(100)面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第2のストライプ構造と；前記第1のクラッド層よりも小さいバンドギャップを有する非ドーブ半導体材料よりなり、前記第1のクラッド層上に形成されて前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在し、第1の極性を有する第1種のキャリアと第2の極性を有する第2種のキャリアとを供給されて前記第1種のキャリアと前記第2種のキャリアとの再結合により光を発生する活性層(306)と；前記活性層上に前記活性層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(100)面よりなる第3のストライプ面と、前記第3のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(100)面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第3のストライプ構造と；InGaAlPよりなり、前記活性層上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第2のクラッド層(307)と；前記第2のクラッド層上に前記第2のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(100)面よりなる第4のストライプ面と、前記第4のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(100)面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第4のストライプ構造と；前記半導体基板上に形成されて第1の極性を有する第1種のキャリアを前記第1のクラッド層を介して前記活性層に注入する第1のキャリア注入手段(311)と；前記第2のクラッド層上に形成されて第2の、

前記第1の極性とは逆の極性の第2種のキャリアを前記第2のクラッド層を介して前記活性層に注入する第2のキャリア注入手段(308~310)とよりなるレーザダイオードにおいて、前記第1および第2のクラッド層(305, 307)の一方はZnおよびSeにより同時にドーピングされることによりレーザダイオードに注入された駆動電流を前記活性層(306)のうち前記第3のストライプ構造に対応する部分に集中的に注入する電流狭窄構造を形成することを特徴とするレーザダイオードにより、又は第1の導電型にドーピングされ、第1の端部から第2の、対向側端部まで長手方向に延在する半導体基板(300)と；前記半導体基板上に形成され、前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する(311)A面よりなる第1のストライプ面(301a)と、各々(311)A面とは異なる結晶方位を有し前記長手方向に前記第1の端部から前記第2の端部まで延在する一対の別のストライプ面(303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>)とより構成される第1のストライプ構造(301a)と；InGaAlPよりなり、前記基板上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第1のクラッド層(305)と；前記第1のクラッド層上に前記第1のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(311)A面よりなる第2のストライプ面と、前記第2のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(311)A面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第2のストライプ構造と；前記第1のクラッド層よりも小さいバンドギャップを有する非ドーピング半導体材料よりなり、前記第1のクラッド層上に形成されて前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在し、第1の極性を有する第1種のキャリアと第2の極性を有する第2種のキャリアとを供給されて前記第1種のキャリアと前記第2種のキャリアとの再結合により光を発生する活性層(306)と；前記活性層上に前記活性層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(311)A面よりなる第3のストライプ面と、前記第3のストライプ面の両側で前記長手方向に延在し(311)A面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第3のストライプ構造と；InGaAlPよりなり、前記活性層上に前記長手方向に第1の端部から第2の、対向側端部まで延在するように形成された第2のクラッド層(307)と；前記第2のクラッド層上に前記第2のクラッド層の一部として、かつ前記半導体基板に形成されたストライプ構造に整合するように形成されてなり、前記長手方向に延在する(311)A面よりなる第4のストライプ面と、前記第4のストライプ面の両側で前記長手方向

に延在し(311)A面とは異なる結晶面よりなる一対のストライプ面とより構成され、前記長手方向に延在する第4のストライプ構造と；前記半導体基板上に形成されて第1の極性を有する第1種のキャリアを前記第1のクラッド層を介して前記活性層に注入する第1のキャリア注入手段(311)と；前記第2のクラッド層上に形成されて第2の、前記第1の極性とは逆の極性の第2種のキャリアを前記第2のクラッド層を介して前記活性層に注入する第2のキャリア注入手段(308~310)とを備え前記第1および第2のクラッド層(305, 307)の一方はZnおよびSeにより同時にドーピングされることによりレーザダイオードに注入された駆動電流を前記活性層(306)のうち前記第3のストライプ構造に対応する部分に集中的に注入する電流狭窄構造を形成することを特徴とするレーザダイオードにより達成する。

#### 【0025】

【作用】本発明の第1の特徴によれば、クラッド層中におけるドーパントの分布を、クラッド層下地の結晶面に無関係にほぼ一定にすることができる。換言すると、従来のZnをドーパントに使う場合と異なり、クラッド層が結晶学的に非等価な面を含むストライプ構造上に形成された場合でも、クラッド層中におけるMgの分布を実質的に一様にする事ができる。従って本発明はかかるストライプ構造を形成されたGaAs基板上に形成されたレーザダイオードにおいて駆動電流の発散を回避するのに特に有効である。また、Mgをドーパントとして使うことにより、高濃度レベルのドーピングが可能になる。さらに、Mgドーピングされたクラッド層を非ドーピング活性層の形成に先立って形成することにより、クラッド層とその上に成長された活性層との間に明確な導電型の境界を形成することができる。Mgの供給を遮断することにより、クラッド層へのMgの導入は直ちに停止される。これに対し、既に形成されている活性層上に成長されるクラッド層に対してMgドーピングを行った場合には、クラッド層におけるMgの取込みに遅れが生じる傾向があり、ダブルヘテロ構造のレーザダイオードに必須導電型の境界が活性層とクラッド層との間の物理的な境界からずれてしまう可能性がある。

【0026】本発明の第2の特徴によれば、同一のクラッド層中に、単一のMOCVD法により、n型領域とp型領域とを、n型領域が一対のp型領域により側方から挟まれるようにあるいはその逆に形成することができる。例えば、MgあるいはZnをp型ドーパントとして使い、さらにSeをn型ドーパントとして使うことにより、かかる構造を形成することができる。あるいは、p型ドーパントとn型ドーパントのドーピングレベルを適当に設定することにより、クラッド層の中の前記第1のストライプ面上に形成された部分のキャリア密度を他の部分よりも高く設定することができ、その結果クラッド層に

において電流狭窄を行うことが可能になり、レーザダイオードの動作効率が大きく向上する。さらに、このようにして形成されたクラッド層上に活性層を成長させることにより、活性層においてもストライプ構造部分に対応して電流を集中させることが可能になる。すなわち、基板上に形成された、結晶学的に非等価がストライプ面よりなるストライプ構造の形状は第1のクラッド層およびその上に形成された活性層、さらに活性層上に形成された第2のクラッド層にも転写され、このためかかる構造では第1のクラッド層上に堆積された活性層のうち、前記第1のストライプ面に対応して堆積された部分が、前記第1のストライプ面に対して傾斜した他のストライプ面上に形成された第2のクラッド層部分により側方から挟まれるように構成される。換言すると、活性層で形成された光放射は上下および左右に前記第1および第2のクラッド層で閉じ込められ、このため非点収差の問題が実質的に解消される。

【0027】本発明の第3の特徴によれば、単一の堆積工程で、導電型を選択的に変化させたクラッド層を得ることができる。このため、優れた電流狭窄作用を有するレーザダイオードを簡単に製造することができる。

【0028】

【実施例】本発明の実施例を説明する前に、本発明の基本となる実験的事実を簡単に説明する。

【0029】半導体材料の性質が結晶面ないし方位により変化することは周知である。これは結晶の異方性として知られる物理的性質の面方位依存性のみならず、エピ

タキシャルプロセスによる結晶成長においてもあてはまる。特に、MOCVD法で成長した半導体層はその組成を結晶面によって変化させることがある。例えば、InGaAlP結晶に導入されたZnの量はエピタキシャル成長がなされる結晶面の(100)面に対する傾斜角により変化することが報告されている。

【0030】図1はInGaAlPよりなるエピタキシャル層に加えられたZn, Mgの濃度レベルを各結晶面について示す図である。ただし、ZnとMgのデータは本発明の発明者により見出されたものである(Kondo, M., Anayama, C., Takanashi, T. and Yamazaki, S., Sixth International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, IEEE Catalog #92TH0459-8, June 8 - 11, 1992)。図1中には、他の文献に報告されたZnのデータも示してある。MgとZnのドーピングはInGaAlP層をMOCVD法により成長させる際にAl, In, Ga, Pのソースガスにジメチル亜鉛( $(C_2H_5)_2Mg$ )あるいはビス(シクロペンタジエニル)マグネシウム等のソースガスを混入することにより実行される。図1中、黒丸および白丸、また黒四角および白四角は本発明の発明者による実験結果を示し、このうち白丸および白四角はSIMS分析結果を、また黒丸および黒四角はC-V測定の結果をあらわす。MOCVD法による成長条件を表1に示す。

【0031】

【表1】

### 成長条件パラメータ

組成	$(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$
成長温度	730℃
圧力	$1.0 \times 10^{-3}$ (Pa)
水素流量	8 (SLM)
III族総流量	$2.4 \times 10^{-5}$ (mol/min)
V族総流量	$6.4 \times 10^{-3}$ (mol/min)
V/III族比	269
成長速度	3.5 ( $\mu m/h$ )

【0032】図1はInGaAlP層中におけるZn濃度およびMg濃度を(100)面上のZn濃度に対して規格化して示した図であり、図中にA方向として示すようにInGaAlP層中のZn濃度が、結晶面の(111)A面への傾斜角が増大するにつれて急激に増加するのがわかる。Zn濃度は結晶面が(311)A面である

場合に略最大になり、それ以上傾斜角が増大すると減少に転ずる。ただし、(111)A方向に傾斜した(311)面はGa面を形成し、従って(311)A面となる。一方、(111)B方向に傾斜した(311)面はAs面を形成し、従って(311)B面となる。結晶面が図中B方向として示すように(311)B面の方へ傾

斜すると、Zn濃度はより緩やかに増大し、(311) B面に対応する傾斜角において略最大になる。それ以上傾斜角を増大させるとZn濃度は減少に転じる。

【0033】これに対して、Mgの場合には結晶面を(311) B面方向に傾斜させてもMg濃度レベルはほとんど変化しないことがわかる。換言すると、Mgの濃度は(100)面と(311) B面で同じになる。これに対して、結晶面が(311) A面方向に傾斜するとMg濃度は傾斜角と共に増加する。さらに、Mg濃度は何れの結晶面においてもZn濃度よりも高いことがわかる。先にも説明したように、これはZnの平衡蒸気圧がMgのものよりもはるかに大きいことを示している。換言すると、ZnはInGaAlPから気相に蒸発によって容易に逃れ、堆積温度を増大すればするほどこの傾向は顕著になる。

【0034】図2はInGaAlP層中に導入されたSeの濃度を各結晶面について示したものである。InGaAlP層の成長はMOCVD法により、表1に示したのと同じ条件でなされる。図2を参照するに、Se濃度は(100)面に比べ(311) B面でやや増加し、傾斜角が(311) B面に対応する角度を超えると急激に増加を始める。一方、A方向については、Se濃度は(100)面からの傾斜角の増大とともに、急激に減少する。

【0035】図3はInGaAlP層の(100)面に対するMgドーピングの効果を示す図である。図3を参照するに、III族元素のソースガスに対する(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Mgのモル比を $3 \times 10^{-4}$ に設定することより約 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のホール濃度を得ることができる。望ましいホール濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である場合、モル比は $1 \times 10^{-3}$ に設定すればよい。MgはInGaAlP結晶中でIII族元素の席を占有し、p型ドーパントとして作用してホールを放出する。

【0036】図4は図3と同様な図であり、InGaAlPの各結晶面におけるZnドーピングの効果を示す。図4に示すように、Zn濃度はZnのソースガスのモル比が増大するにつれて増大し、また各結晶面でそれぞれに異なっている。図1の結果に対応して、ホール濃度は図3のMgの場合と比較してはるかに低いことがわかる。

【0037】Znドーピングを、図43に示すレーザダイオードにおいてp型クラッド層205の成長に使った場合、(311) B面上に成長した層205の斜面部は図5に示すように(100)面上に成長した平坦部よりもZn濃度が高くなってしまふ。その結果、ストライプ構造を形成する(100)面部分におけるキャリア濃度が減少してしまひ、これに伴ってクラッド層205のうち、その上に活性層の要部が形成されるストライプ構造部分の抵抗が大きくなってしまふ。その結果、下部電極から注入された電流は活性層のストライプ部を迂回して

流れてしまひ、レーザ発振の効率は著しく低下してしまふ。

【0038】さらに、図1の結果はかかる(100)面に対応するストライプ構造部におけるInGaAlP層の抵抗の増加の問題が、ZnドーピングのかわりにMgドーピングを使うことで回避されることを示している。図6は(100)面とその両側に形成された一対の(311) B面とを含むメサ構造上に形成されたInGaAlP層中におけるMgの濃度分布およびホール濃度分布、さらにこれらに対応する抵抗率の分布を示す。図1の結果に対応して、Mg濃度レベルおよびホール濃度レベルは結晶面に関係なくほぼ一定であることがわかる。

【0039】次に、クラッド層をMgドーピングすることにより電流狭窄を向上した本発明の第1実施例を説明する。

【0040】図7は本発明の第1実施例によるレーザダイオードの構造を示す図である。本実施例によるレーザダイオードは例えばZnによりキャリア濃度が約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ にドーピングされたp型GaAs基板301上に構成される。GaAs基板301はいずれも(100)面よりなる上主面および下主面を有し、基板上主面上にはメサ構造301aがレーザダイオードの長手方向ないし光軸方向に延在するように形成されている。ただし、レーザダイオードは基板301の<011>方向に延在するように形成される。メサ構造はいずれも(111) B面よりなる一対の斜面301b<sub>1</sub>、301b<sub>2</sub>により側方を画成され、レーザダイオードの長手方向に一致して延在する(100)面よりなるストライプ面301cを含む。

【0041】基板301の上主面上には、n型GaAsよりなる電流狭窄層302が厚さ約1μmで形成され、電流狭窄層302上には前記GaAs基板のストライプ面301cが露出して前記長手方向に延在する。電流狭窄層302はSiあるいはSeにより、約 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度レベルにドーピングされ、ストライプ面301cの両側には斜面303b<sub>1</sub>、303b<sub>2</sub>が形成される。これらの斜面303b<sub>1</sub>、303b<sub>2</sub>は互いに等価で(311) B面を形成する。換言すると、前記第1のメサ構造上に第2のメサ構造が、(100)面よりなるストライプ面301cを共有するように形成され、第2のメサ構造にはストライプ面301cの両側に各々(311) B面よりなる斜面303b<sub>1</sub>、303b<sub>2</sub>が形成される。その際、基板301と電流狭窄層302とは基板構造体300を形成し、レーザダイオードの主要部はMOCVD法により基板構造体300上に形成されることができ、レーザダイオードの主要部を構成するエピタキシャル層をMOCVD法で成長させる場合、通常に実施されているように、Inのソースとしてはトリメチルインジウム(TMI)が、Gaのソースとしてはトリメチルガリウム(TMg)が、Alのソー

スとしてはトリエチルアルミニウム (TEA) が使われる。さらに、Asのソースとしてはアルシンが、さらにPのソースとしてはホスフィンが使われ、成長は表1に示したのとほぼ同一の条件下で行われる。

【0042】基板構造体300上には、Znおよび/またはMgで $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア密度にドーピングされたGaAsよりなるバッファ層303が、MOCVD法により約0.1~0.2  $\mu\text{m}$ の厚さにエピタキシャル成長される。さらに、Znおよび/またはMgにより $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア密度にドーピングされたInGaPよりなる第1中間層304が、バッファ層303上に、やはりMOCVD法により約0.1  $\mu\text{m}$ の厚さでエピタキシャル成長される。その際、基板構造体300上の第2のメサ構造の形状がエピタキシャル層303、304に転写され、その結果、このように成長されたInGaP層304にもその上主面に対応するメサ構造が転写される。すなわち、InGaP層304に転写されたメサ構造も、(100)面よりなり<011>方向に延在するストライプ面とその両側に形成された一对の(311)B面よりなる斜面とにより構成される。中間層304は中間層110、204と同様に、価電子帯に現れるスパイクを減少させてキャリアを流れやすくする作用をなす。

【0043】層304上には、本実施例の要部をなすp型InGaAlPよりなる第1のクラッド層305が形成される。層305は組成 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}$ を有し、MOCVD法により、約1  $\mu\text{m}$ の厚さに成長される。また、層305のドーピングはTMI, TEG, TMAおよびホスフィンよりなるソースガスにビス(シクロペンタジエニル)マグネシウムを、図6に示す関係に従って、キャリア密度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ になるように流量を設定して混合することでなされる。また、基板構造体300のメサ構造はこのようにして成長した第1のクラッド層305の上主面にも転写される。換言すると、クラッド層305の上主面には、(100)面よりなるストライプ面とその両側の(311)B面よりなる斜面とより構成されるメサ構造が、基板および層304上のメサ構造に対応して形成される。

【0044】クラッド層305の上主面上には、非ドーピングInGaPよりなる活性層306が0.07  $\mu\text{m}$ の厚さに形成される。活性層306もその上主面上にクラッド層305のメサ構造に対応するメサ構造が転写される。換言すると、活性層306にも(100)面よりなるストライプ面とその両側の(311)B面よりなる斜面により構成されるメサ構造が転写される。さらに、InGaAlPよりなりn型にドーピングされた第2のクラッド層307が活性層306上に約1  $\mu\text{m}$ の厚さで形成される。この場合、n型へのドーピングはIn, Ga, AlおよびPのソースガスに水素化セレンあるいはモノシランやジシラン等のシランを混合し、表1の条件で成

長を行うことで実行される。かかる活性層がメサ構造上に形成されている構造では、活性層の(100)面がクラッド層307の斜面部により左右から挟まれている。

【0045】このように形成された第2のクラッド層307上には、SeまたはSiにより約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア密度にドーピングされたn型InGaPよりなる第2の中間層308が約0.1  $\mu\text{m}$ の厚さに形成され、さらに約 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア密度にドーピングされたn型GaAsよりなるコンタクト層309が前記中間層308上に約1  $\mu\text{m}$ の厚さで形成される。かかる第2の中間層は第1の中間層304の場合と同じく、伝導帯におけるスパイクを減少させるためのものである。さらに、上部電極310および下部電極311がそれぞれコンタクト層309の上主面および基板301の下主面上にオーミック接触するように形成される。また、レーザダイオードの長手方向上で対向する端面は通常のレーザダイオードと同じく、反射器を構成する。

【0046】本実施例では、結晶面如何によらずクラッド層305を一様にドーピングすることが可能であり、これにより、注入電流の発散の問題が解決される。さらに、活性層のストライプ領域を左右からクラッド層307の斜面部により挟むことにより、比点収差の問題が解決される。

【0047】図7の装置において、エピタキシャル層の導電型を反転させることも可能である。この場合はp型GaAs基板301のかわりにn型GaAs基板を使い、Mgドーピングを第2のクラッド層307に対して行う。ただし、この場合はエピタキシャル層へのMgの取込みにかなりの遅れが発生するため、p型基板上に構成されるレーザダイオードにおいてMgドーピングされたクラッド層を形成する場合とn型基板上に構成されるレーザダイオードにおいてMgドーピングされたクラッド層を形成する場合とでは、実質的な違いが生じる。かかるMgの取込みの遅れは、反応容器内で有機分子( $\text{C}_5\text{H}_5$ )<sub>2</sub>Mgから放出されたMg原子が、石英よりなる容器壁に選択的に堆積してしまい、エピタキシャル層へのMgの取込みは容器壁がMgで被覆された後に生じるためと考えられている。

【0048】図8(A)はn型GaAs基板上に形成される装置において、Mgをクラッド層307にMOCVD法で導入する場合のドーピングシーケンスを示す。

【0049】図8(A)を参照するに、クラッド層307の堆積は非ドーピングInGaP活性層306が形成された後に開始される。この図よりわかるように、Mgのクラッド層307への取込みはクラッド層307の成長が開始されてからかなりの時間が経過した後に始まっている。換言すると、かかるシーケンスで形成されたクラッド層307は活性層306の直上部では、別のドーピングプロセスを同時に併用しない限り、非ドーピング状態になってしまうことを意味する。クラッド層307がドーブ

されないと、活性層306へのキャリアの注入が生じない。この問題を回避するため、図8(A)のプロセスではクラッド層307の活性層に接する部分でのMgの枯渇を補償すべく、Znによるドーピングを併用している。すなわち、クラッド層307の成長開始と同時にZnを例えばジメチル亜鉛の形でAl, Ga, In, Pのソースガスに混合する。この場合、Znの取込みは直ちに開始され、クラッド層307は確実にp型になる。さらに、Mgが反応容器の器壁を覆うに要する時間が経過した後、Znの供給は停止され、クラッド層307への実質的な濃度レベルでのMgの取込みが開始される。

【0050】一方、図8(B)のプロセスはp型GaAs基板の場合に対して適用される。この場合には、p型の基板構造体300上に、GaAsバッファ層303が形成される際に、層303をZnを導入することによりp型にドーピングする工程を含む。さらに、層303の成長がまだ続いている間にMgの供給を、GaAs層303のソースガスにビス(シクロペンタジエニル)マグネシウムを混合することにより、開始する。その際、Mgの量はGaAsバッファ層303の成長と共に増大し、バッファ層303上に中間層104が成長される頃にはほぼ一定値になっている。さらに、中間層304の成長開始と同時にZnの供給が停止される。Znのエピタキシャル層への取込みはZn供給停止と同時に直ちに停止される。中間層304の成長が停止された後もMgの供給は続けられ、第1のクラッド層305の成長が開始される。かかる成長の結果、層304, 305のホール濃度レベルは実質的に一定になる。クラッド層305が所定の厚さに成長すると、Mgの供給は停止され、同時にエピタキシャル層のソースも変更される、非ドーピング活性層306の成長が開始される。さらに、このようにして成長した活性層306上にSeあるいはSiによりドーピングされたInGaAlPよりなる第2のクラッド層307が形成される。

【0051】図8(B)のプロセスでは、第1のクラッド層305とその上に成長される活性層306との間の物理的な境界に対応して、明確な導電型の境界を、例えばZnを層305にドーピングする等の別のドーピングプロセスを使うことなく、得ることができる。すなわち、図7の構造に対応する図8(B)のプロセスの方が、半導体基板およびその上に形成されるエピタキシャル層の導電型を反転させた場合のプロセスよりも好ましい。ただし、これは図8(A)のプロセスの有用性を否定するものではない。

【0052】次に、図7の構造の製造プロセスを図9(A), (B)および図10(C), (D)を参照しながら説明する。

【0053】図9(A)の最初の工程で、酸化シリコン層がp型GaAs基板301の上主面を形成する(100)面上に堆積され、次いでパターニングされて<01

1>方向に延在する酸化シリコンストライプマスクが形成される。さらに、基板301を、基板上主面をこのようにして形成された酸化シリコンストライプマスク21で保護したまま、 $H_2SO_4$ ,  $H_2O_2$  および  $H_2O$  の混合エッチング液中でウェットエッチングして、<011>方向に延在するストライプ状の(100)面を頂部に有するメサ構造301aを、約5 $\mu m$ の幅で形成する。こうして形成されたメサ構造301aは(100)ストライプ面の側方を、(111)B面よりなる一対の斜面により画成される。また、メサ構造301aの左右両側にはGaAs基板301の上主面をなす(100)面が、メサ構造の頂部をなす(100)面と平行に延在する。

【0054】次に、図9(B)の工程において、図9(A)の工程で得られた構造上に、n型GaAs層302を、前記メサ構造301aの(100)ストライプ面をマスク21で保護した状態でMOCVD法により堆積することにより形成する。マスク21は酸化シリコンで形成されているため、マスク21上におけるGaAs層の堆積は生じない。そこで、GaAs層302はメサ構造301aの両側に延在するGaAs基板301の(100)上主面上に堆積し、その際図9(B)に示すようにGaAs層302上主面には、(100)ストライプ面の両側に、(311)Bの面指数を有する斜面303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>が、メサ構造301aの(111)B面に対応して形成されている。その際、斜面303b<sub>1</sub>, 303b<sub>2</sub>は(100)ストライプ面と共に第2のメサ構造を形成する。

【0055】次いで図9(B)で得られた構造から酸化シリコンマスク21を除去し、層303から309をMOCVD法により、順次堆積する。その際、層304, 305の堆積は例えば図8(B)で説明した手順で行う。その結果、図10(C), (D)に示す層状半導体構造体を得られる。図10(C)の構造体が形成された後、上下電極310, 311をそれぞれコンタクト層309の上主面と基板301の下主面に堆積し、図10(D)に示すレーザダイオードが完成する。

【0056】第1実施例で説明した電流狭窄構造の構成はエピタキシャル層の導電型を反転させた場合にも有効である。より具体的に説明すると、p型基板301のかわりにn型GaAs基板を使う場合、各エピタキシャル層における導電型は反転され、図8(A)で説明した手順でp型クラッド層307の成長がなされる。

【0057】次に、本発明の第2実施例を図11(A), (B)および図12を参照しながら説明する。ただし図11(A), (B)は第2実施例の原理を示す図である。

【0058】図11(A)はInGaAlPのエピタキシャル中におけるMgおよびSeの濃度レベルを種々の結晶面について示す図であり、Seの濃度が(311)

B面において(100)面よりも増加することがわかる。換言すると、Seの濃度、従って電子濃度はInGaAlP層では(100)面において(311)B面におけるよりもやや減少する。一方、InGaAlP層にSeと同時にドーピングされるMgの濃度レベルおよびこれに対応するホール濃度レベルは結晶面に無関係にほぼ一定であることがわかる。さらに、図11(A)の例ではMgの濃度は(311)B面および(100)面のいずれにおいてもSeの濃度よりも高く設定されている。その結果、InGaAlP層は結晶面によらずp型にドーピングされ、また(311)B面と(100)面でキャリア濃度が異なることに起因して結晶面に応じて抵抗率が変化する。より具体的には、(100)面で電子濃度が低いことに起因してホール濃度が(311)B面上におけるよりも(100)面上で高くなっている。そこで、図11(A)の原理を使うことにより、クラッド層を抵抗率がメサ構造の(100)面ストライプ部分で選択的に低下し、同時に(311)B斜面で選択的に増加するように形成することが可能になる。

#### ドーパント(キャリア)濃度レベル( $\text{cm}^{-3}$ )

	(100)	(311)B
Mg	$1 \times 10^{18}$	$1 \times 10^{18}$
Se	$4 \times 10^{17}$	$8 \times 10^{17}$
キャリア	$p = 6 \times 10^{17}$	$p = 2 \times 10^{17}$

【0063】すなわち、ドープレベルを表2に示すように設定することにより、クラッド層305の抵抗率は、図12に斜線部で示すように、(311)B面上に成長した部分が選択的に大きくなるように設定される。その結果、電極311に供給された駆動電流はn型GaAs層302で狭窄された後、メサ構造の(100)ストライプ面の直上に位置するクラッド層305の低抵抗部分を通して活性層306のストライプ部分に注入される。

#### ドーパント(キャリア)濃度レベル( $\text{cm}^{-3}$ )

	(100)	(311)B
Mg	$1 \times 10^{18}$	$1 \times 10^{18}$
Se	$6 \times 10^{17}$	$1.2 \times 10^{18}$
キャリア	$p = 4 \times 10^{17}$	$n = 2 \times 10^{17}$

【0066】表3のドープレベルを使った場合、図14に斜線部で示した(311)B面部分の導電型を選択的に反転させることができ、これによりクラッド層305

【0059】図11(B)は第2実施例の別の原理を示す。図11(B)の場合、同時ドーピングされるMgとSeの濃度レベルをInGaAlP層の導電型が結晶面によって変化するように設定する。すなわち、MgとSeの濃度レベルはInGaAlPが(311)B面上に成長された部分でn型に、また(100)面上に成長された部分でp型になるように設定される。

【0060】図12は前記原理を用いて電流狭窄を行うことを要旨とする第2実施例のレーザダイオードの横断面図を示す。図12において装置構造自体は図7のものと実質的に同一であり、以下には要部のみを説明する。

【0061】図12の装置では、第1のクラッド層305の成長時にMgとSeとを、Mgの濃度レベルがSeの濃度レベルよりも(311)B面と(100)面のいずれにおいても高くなるようにドーピングする。例えば、MgとSeの濃度レベルはInGaAlPクラッド層305の各部分において表2に示すように設定される。

【0062】

【表2】

その結果、効率のよいレーザ発振を行うことが可能になる。

【0064】第2実施例の変形例は図11(B)の原理に基づくものであり、MgとSeのドープレベルを以下の表3のように設定する。

【0065】

【表3】

の斜面部において駆動電流を阻止することが可能になる。その結果、注入された駆動電流は図中に矢印で示したように、メサ構造の(100)ストライプ面に対応し



た活性層306のストライプ面に集中的に注入され、レーザー発振の効率が向上する。

【0067】前記二つの変形例のいずれにおいても、活性層直上に形成されているクラッド層中に電流閉じ込め構造が形成されるため、電流狭窄がなされた後で駆動電流が発散してしまう問題点が実質的に解消される。換言すると、図12の装置は図7の装置よりも電流狭窄効率が向上している。

【0068】また、クラッド層207をSeとZnにより同時にドーピングすることにより、図14に斜線部で示すような電流狭窄構造をクラッド層207に形成することができる。

【0069】図13(A)、(B)はかかる電流狭窄構造の原理を示しており、このうち図13(A)は、InGaAlP層307が(100)面上に成長している場合も(311)B面上に成長している場合も同様に、n型にドーピングする場合を示し、これに対し、図13(B)は

#### ドーパント(キャリア)濃度レベル( $\text{cm}^{-3}$ )

	(100)	(311)B
Zn	$6 \times 10^{17}$	$1.8 \times 10^{18}$
Se	$1 \times 10^{18}$	$2 \times 10^{18}$
キャリア	$n = 4 \times 10^{17}$	$n = 2 \times 10^{17}$

【0072】次に、クラッド層305、307にさらに別の電流狭窄構造を埋設されたことを特徴とする、本発明の第3実施例を説明する。

#### ドーパント(キャリア)濃度レベル( $\text{cm}^{-3}$ )

	(100)	(311)B
Zn	$7 \times 10^{17}$	$2.1 \times 10^{18}$
Se	$1 \times 10^{18}$	$2 \times 10^{18}$
キャリア	$n = 3 \times 10^{17}$	$p = 1 \times 10^{17}$

【0074】まず、本実施例の原理を図14、15を参照しながら説明する。ここで、図14はMOCVD法により成長したGaAs層中に導入されたZnの濃度レベルをGaAs層の各結晶面について示し、一方図15は同じくGaAs層中に導入されたSeの濃度レベルを各結晶面について示す。図14より、Zn濃度は(100)面を基準として(111)B面方向へ結晶面が傾斜するにつれて減少するのに対し、Se濃度は(111)B面方向への傾斜が大きくなるにつれて増大するのがわ

かる。一方、Zn濃度は(111)A面方向への傾斜が大きくなるにつれて増大し、(311)A面に対応する傾斜角で最大になる。これに対し、Se濃度は(111)A面方向への傾斜角が増大するにつれて単調に増加する。このように、ZnとSeを、互いに異なる結晶面を含む面上にMOCVD法により成長されたGaAs層中に同時に導入することにより、その抵抗率や導電型等の電子的性質を、結晶面に対応して変化させることができる。

【0070】図13(A)および(B)のいずれのドーピングも、クラッド層307のドーピングに使った場合、駆動電流を図12に示すように(100)ストライプ面上に成長したメサ構造領域に集中させることが可能になり、電流狭窄構造がクラッド層305のみに形成される実施例におけるよりも電流狭窄の効率を向上させることが可能になる。図13(A)に示すドーピングは下の表4に示すドーピングレベルを使って実現できる。これに対して、図13(B)に示すドーピングは表5に示すドーピングレベルにより実現される。

【0071】

【表4】

【0073】

【表5】

かる。一方、Zn濃度は(111)A面方向への傾斜が大きくなるにつれて増大し、(311)A面に対応する傾斜角で最大になる。これに対し、Se濃度は(111)A面方向への傾斜角が増大するにつれて単調に増加する。このように、ZnとSeを、互いに異なる結晶面を含む面上にMOCVD法により成長されたGaAs層中に同時に導入することにより、その抵抗率や導電型等の電子的性質を、結晶面に対応して変化させることができる。

【0075】図16はMOCVD法により成長されたGaAs層において生じる導電型の変化を示す。図18を参照するに、GaAs層を(100)面上に成長させ、SeとZnをいずれも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で同時にドーピングした場合、高抵抗層が得られることがわかる。一方、GaAs層を成長させる結晶面が(100)面に対して(111)B面方向に傾いている場合、Zn濃度は傾斜角の増加と共に徐々に減少し、GaAs層はn型にドーピングされる。さらに、Seの濃度レベルをZnよりもやや低く設定した場合、GaAs層は(100)面上に成長した場合はZnから放出されたホールが過剰になってp型になるが、傾斜角が増大するにつれてZn濃度は徐々に減少し、図16よりわかるように導電型は傾斜角が約10度のところで反転する。

【0076】図17は、クラッド層中に電流狭窄層を埋設された、本発明の第3実施例によるレーザダイオードの構造を示す。

【0077】図17を参照するに、レーザダイオードは中間層304、308を省略した他は図7あるいは図12のレーザダイオードとほぼ同様な構成を有している。そこで、先の実施例で説明した部分には同一の参照符号を付して、説明を省略する。

【0078】本実施例では、クラッド層305内に、薄いGaAs層312が設けられ、これにより層305は下層部305aと上層部305bとに分割される。GaAs層312は約8nmの厚さを有し、メサ構造を構成する(100)ストライプ面上に形成されてこれに平行に延在する第1のストライプ領域312aと、メサ構造の(311)B面上に形成されて領域312aの両側でこれと平行に延在する一対の斜面領域312b<sub>1</sub>、312b<sub>2</sub>を含む。GaAs層312はMOCVD法により成長され、ZnとSeにより、領域312aはp型にまた領域312b<sub>1</sub>、312b<sub>2</sub>はn型になるようにドーピングされる。かかる層312のドーピングはZnとSeの濃度レベルを図16に示すように設定することで可能である。より具体的には、GaAs層312の成長時にGaAsの成長ガスであるTEGとアルシンにジメチル亜鉛と水素化Seとを、Znの濃度レベルが(100)面上で約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ になるように、またSeの濃度レベルが同じく(100)面上で約 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ になるように設定する。その結果、n型領域312b<sub>1</sub>、312b<sub>2</sub>はn型にドーピングされ活性層306に注入される電流と阻止する。その結果、電流狭窄の効率がさらに向上する。

【0079】図18は第3実施例の変形例を示す。この例では、レーザダイオードは図17のものと略同様な構造を有するが、各エピタキシャル層の導電型およびGaAs基板の導電型が反転している点が相違している。より具体的には、レーザダイオードは基板301のメサ構造301aに対応するメサ構造321aを形成されたn

型GaAs基板上に形成され、基板321上には図17のエピタキシャル層302～309に対応するエピタキシャル層322～329が、導電型が反転されている点を除いて、同様に形成されている。図18の装置の構成は図17より明かであり、細部の説明は省略する。

【0080】図18の装置では、厚さが約8nmの薄いGaAs層331がp型InGaAlPクラッド層327内に形成され、これによりクラッド層327は層331の下第1の層327aと層331の上第2の層327bとに分割される。層331はZnとSeにより同時にドーピングされ、層327はメサ構造の(100)ストライプ面上に形成されるp型領域331aと、その両側に(311)B面に対応して形成されるn型の斜面部331b<sub>1</sub>、331b<sub>2</sub>とを含む。GaAs層331のドーピングは層312の場合と同様に行われ、従って説明を省略する。

【0081】図19は第3実施例の別の変形例を示す。図19を参照するに、本変形例によるレーザダイオードは、層302に対応するn型GaAs電流阻止層342を形成されたp型GaAs基板341上に構成され、層342の上主面上には基板341にまで達する溝341aが形成されている。この溝341aは負のメサ構造を形成し、(100)面方位のストライプ状底面341cとその両側に形成される(111)B面方位の一対の斜面341b<sub>1</sub>、341b<sub>2</sub>とにより画成される。ただし、底面341cはGaAs基板341の露出面より形成される。ストライプ面は先の実施例と同じく、典型的に約5μmの幅を有する。

【0082】負のメサ構造341aをこのようにして形成された層342の上主面には、前記メサ構造部を除いて酸化シリコンマスク52が形成され、この状態でp型GaAs層が堆積される。図20(A)を参照。その結果、負のメサ構造341aの露出面にはp型領域343が選択的に成長され、成長されたp型領域343は、第1のメサ構造341aに対応し、また(100)面方位のストライプ状底面343aとその両側の(311)B面方位の斜面343b<sub>1</sub>、343b<sub>2</sub>とを特徴とする第2のメサ構造341を形成する。p型GaAs基板341、n型GaAs層342、およびp型GaAs343は基板構造体340を形成し、レーザダイオードの主要部が基板構造体340上に形成される。

【0083】基板構造体340上には、厚さが約0.2μmのp型GaAsバッファ層344が前記第2のメサ構造の形状に整合してエピタキシャル成長され、さらにバッファ層344上にはp型InGaAlPよりなる第1のクラッド層345が前記第2のメサ構造に整合して形成される。クラッド層345は第1実施例において説明したようにMgでドーピングされる。あるいは、第2実施例で説明したように、MgとSeで同時にドーピングしてもよい。

【0084】クラッド層345の上主面には、ZnとSeを同時に導入することによりドーピングされたGaAsよりなる電流阻止層346が、(100)面上に成長した部分がp型にドーピングされ、(311)B面に成長した部分がn型にドーピングされるように形成される。さらに、p型InGaAlPよりなる第2のクラッド層347が電流阻止層346上に成長する。さらに、非ドーピングInGaPよりなる活性層348がクラッド層347上に形成される。また、活性層348上にはn型クラッド層349が成長され、さらにn型GaAsよりなるコンタクト層350がクラッド層349上に形成されて図20

(B)に示す構造が得られる。上記のエピタキシャル成長プロセスは周知のMOCVD法を使って行うことができる。図20(B)の層状構造体が形成された後、上部電極351および下部電極352がそれぞれコンタクト層350の上主面および基板341の下主面に形成され、図19の構造が得られる。

【0085】本実施例においても、p型InGaAlPクラッド層345と347のMgとSeの濃度レベルを、クラッド層がメサ構造の(100)ストライプ面上に成長された領域でp型にドーピングされ、また(311)B面上に成長された領域でn型にドーピングされるように設定してもよい。あるいは、クラッド層345、347を一樣にMgでドーピングしてもよい。これらのいずれの場合でも、クラッド層中にGaAs層346を形成し、(311)B面上に成長したn型領域により駆動電流を阻止することにより、効果的な電流狭窄作用を得ることが可能になる。

【0086】次に、本発明の第4実施例を説明する。実施例の説明の前に、本実施例の原理を図21を参照しながら説明する。

【0087】図21は、ZnとSeで同時にドーピングされたInGaAlP層におけるキャリア濃度と結晶面の関係を示す図である。図中、黒丸はSeが放出する電子の濃度レベルを(111)A面方向への結晶面の傾斜角の関数として示し、一方白丸はZnから放出されるホール濃度レベルをやはり(111)A面方向の傾斜角の関数として示す。また、黒三角と白三角はそれぞれInGaAlP層がZnとSeで同時にドーピングされた場合の電子濃度レベルの変化とホール濃度レベルの変化を表す。図21よりわかるように、エピタキシャル層が(100)面上に成長された場合には、Seから放出される電子の濃度はZnから放出されるホールの濃度を上回るが、エピタキシャル層が(311)A面上に成長される場合にはこの関係は、図1、図2の关系到整合して逆転する。より具体的には、(311)A面上に成長したエピタキシャル層はp型にドーピングされ、これに対して(100)面上に成長したエピタキシャル層はn型にドーピングされる。図21の例では、(100)面上では約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度レベルと $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ のホー

ル濃度レベルが得られるのに対し、(311)A面上では同一の条件下で約 $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度レベルと約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のホール濃度レベルが得られる。

【0088】このように、図21の關係はInGaAlP層の導電型を層が成長される結晶面にもとづいて制御するのに有用である。すなわち、図21の原理は単に(100)面方位のストライプ面の延在方向を<01-1>方向に設定し、メサ構造の斜面を(311)B面のかわりに(311)A面とすることで、先に説明した実施例のいずれに対しても適用可能である。(311)A面を使った方が(311)B面を使うよりもキャリア濃度の変化幅が大きいため、より効果的な電流狭窄作用を得ることができる。以下に説明する実施例はかかる大きなキャリア濃度の変化を利用することを特徴とする。

【0089】図22(A)はZnおよびSeの濃度の第1の設定例を示す。この例では、ZnとSeの濃度レベルは(100)面上に成長したエピタキシャル層部分と(311)A面上に成長したエピタキシャル層部分とで導電型の変化が生じないように設定されている。この場合でも、キャリア濃度レベルおよび抵抗率はエピタキシャル層のうち(100)面上に成長した部分で実質的に増加しており、従って図22(A)のドーピングをクラッド層を行うことにより効果的な電流の狭窄が可能になる。

【0090】これに対して、図22(B)ではZnとSeの濃度レベルが、InGaAlP層のうち(100)面上に成長した部分と(311)A面上に成長した部分とで導電型が変化するような値に設定されている。この場合、Seの濃度は(100)面上に成長した部分ではZnの濃度を上回り、一方この關係が(311)A面上に成長した部分では逆転している。

【0091】次に、本発明の第5実施例によるレーザダイオードを図23を参照しながら説明する。

【0092】図23を参照するに、本実施例のレーザダイオードはp型GaAs基板401上に形成されてなり、基板401上にはメサ構造301aに相当するメサ構造401aが形成されている。すなわち、メサ構造401aは<01-1>方向に延在する(100)面方位のストライプ面401cと、その両側に延在する(311)A面方位の斜面401b<sub>1</sub>、401b<sub>2</sub>とにより画成されてなり、基板401上にはバッファ層301に対応してバッファ層301が形成されている。さらに、中間層304に対応する中間層403がバッファ層402上に形成される。中間層403上には、クラッド層305に対応するクラッド層404がMgをドーパントとして形成されており、その結果、クラッド層404は一樣にp型にドーピングされている。

【0093】クラッド層404の上主面上には、先の実施例と同様に、非ドーピングの活性層405がエピタキシャル成長され、さらにn型InGaAlPよりなる第1の

クラッド層406が活性層405上に形成される。クラッド層406はSeによりどの部分もn型になるようにドーピングされている。さらに、クラッド層406上にはn型InGaAlPよりなりZnとSeを同時にドーピングされた別のクラッド層407が、MOCVD法により成長される。その際、ZnとSeの濃度は図22(A)あるいは(B)に示したように設定され、その結果、クラッド層407は(311)A面上に成長した斜面部分407b<sub>1</sub>、407b<sub>2</sub>において抵抗率が增大する。あるいは、図22(B)の場合だと前記領域407b<sub>1</sub>、407b<sub>2</sub>においてp型の導電性を示す。

【0094】クラッド層407上には、先の実施例の中間層308に対応するInGaPよりなるn型の中間層408が成長され、p型GaAsよりなる電流阻止層409が中間層408上に成長される。さらに、層409はメサ構造部分で中間層408が露出されるようにパターンニングされ、n型GaAsコンタクト層410が電流阻止層409上に、露出された中間層408表面に接するように堆積される。さらに、上部電極および下部電極411、412が層410の上主面および基板401の下主面にそれぞれオーミック接触するように形成される。

【0095】図23のレーザダイオードでは、p型GaAs層409による電流狭窄作用以外にも、n型クラッド層407中に形成されたp型領域407b<sub>1</sub>、407b<sub>2</sub>により電流狭窄作用が得られる。その結果、レーザ発振の効率を向上させることが可能になる。また、中間層408に対してもZnとSeの同時ドーピングを行い、層408を図22(A)の場合と同様な、抵抗率の低い第1の領域408aと、抵抗率の大きい一対の第2の領域408b<sub>1</sub>、408b<sub>2</sub>に分けて形成することも可能である。さらに、中間層408をドーピングする場合に図22(B)に対応して領域408aをn型に、また領域408b<sub>1</sub>、408b<sub>2</sub>をp型に形成してもよい。

【0096】図24はp型基板401のかわりにn型基板421を使った例を示す。基板421には、(100)面方位のストライプ面421aとその両側の(111)A面方位の斜面421b<sub>1</sub>、421b<sub>2</sub>とにより画成されるメサ構造421aが形成され、さらにp型GaAs層422が図18の層322と同様に基板421上に形成されている。

【0097】p型GaAs層422は層322と同様に、(100)面方位のストライプ面とその両側の(311)A面方位の斜面423b<sub>1</sub>、423b<sub>2</sub>よりなる第2のメサ構造を形成されてなり、さらにn型GaAsよりなるバッファ層423が層422上に成長される。バッファ層423上にはn型InGaAlPよりなる中間層424が成長され、さらにn型InGaAlPよりなる第1のクラッド層425<sub>1</sub>が中間層424上に成長される。層425<sub>1</sub>はZnとSeにより同時にドーピングさ

れ、(100)面上に成長した第1の領域425aと、前記第1の領域425aの両側で(311)A面上に成長した一対の第2の領域425b<sub>1</sub>、425b<sub>2</sub>を含む。

【0098】図22(A)で説明したように、ZnおよびSeのドーピング濃度を適宜設定することにより、領域425b<sub>1</sub>、425b<sub>2</sub>におけるキャリア濃度を選択的に減少させることが可能である。また、図22(B)に示すようにZnとSeのドーピング濃度を設定することにより、領域425b<sub>1</sub>、425b<sub>2</sub>の導電型を選択的にp型に設定することが可能になる。

【0099】さらに、クラッド層425<sub>1</sub>上にSeドーピングされたInGaAlPよりなる別のクラッド層425b<sub>2</sub>が形成され、非ドーピングInGaPよりなる活性層426が層425<sub>2</sub>上に、メサ構造に整合する形状で形成される。活性層406上にはp型InGaAlPよりなるクラッド層427がエピタキシャル成長され、さらにp型InGaPよりなる中間層428がクラッド層427上に形成され、ついでp型GaAsよりなるコンタクト層429が層428上に通常通り、成長される。このようにして層状半導体構造体が形成されて後、上部電極430がp型GaAsコンタクト層上主面に堆積され、さらにn型GaAs基板421の下主面に下部電極431が形成される。

【0100】本実施例によれば、注入されたキャリアを領域425b<sub>1</sub>、425b<sub>2</sub>により効果的に狭窄することができる。かかる電流狭窄の効果は中間層424にZnとSeの同時ドーピングを行うことにより、さらに高めることができる。

【0101】図25は第4実施例の別の変形例を示す。この変形例ではレーザダイオードはn型GaAs基板441上に構成され、基板441の上面にはp型GaAsよりなる電流狭窄層442が形成されている層442および基板441は負のメサ構造441aが図19のメサ構造341aと同様に形成されており、n型InGaP中間層443が層442上にメサ構造441aを覆って形成されている。

【0102】中間層443上にはn型InGaAlPよりなる第1のクラッド層444<sub>1</sub>がエピタキシャル成長され、その際クラッド層444<sub>1</sub>は図22(A)あるいは図22(B)に示したように、ZnおよびSeにより同時にドーピングされる。図22(A)のような関係でZnとSeがドーピングされた場合には、クラッド層444<sub>1</sub>は(100)面上に成長したn型の低抵抗領域444aと、メサ構造の(311)A面上に成長した一対のn型高抵抗領域444b<sub>1</sub>、444b<sub>2</sub>とが画成され、クラッド層444<sub>1</sub>が有効な電流狭窄構造として作用する。一方ZnとSeを図22(B)の関係に従ってドーピングした場合には、領域444aがn型にドーピングされるのに対し、領域444b<sub>1</sub>、444b<sub>2</sub>がp型にドーピングされ、

このため領域444b<sub>1</sub>、444b<sub>2</sub>は有効な電流狭窄構造として作用する電流阻止構造を形成する。

【0103】クラッド層444<sub>1</sub>上にはn型InGaAlPよりなる別のクラッド層444<sub>2</sub>がエピタキシャル成長され、非ドープInGaPよりなる活性層445が層444<sub>2</sub>上に成長される。さらに、p型InGaAlPよりなるクラッド層446が活性層445の上主面上に形成され、p型InGaPよりなる中間層447が層446上に成長される。層446上にはさらにp型コンタクト層448が図示のように形成される。さらに、上部電極451と下部電極452とがコンタクト層448の上主面および基板441の下主面上にそれぞれ形成される。

【0104】図26は第4実施例の別の変形例を示す。本変形例のレーザダイオードは、導電型が反転している点を除き図25のGaAs基板441とGaAs層442に対応するp型基板構造体441'上に形成され、基板構造体441'上にメサ構造441aと同様な負のメサ構造が形成されている。

【0105】基板441'上には、図25のエピタキシャル層に対応するエピタキシャル層443'~448'が、逆の導電型で順次形成される。すなわち、エピタキシャル層443'はエピタキシャル層443に対応し、エピタキシャル層444'はエピタキシャル層444に対応し、エピタキシャル層445'はエピタキシャル層445に対応し、エピタキシャル層446'はエピタキシャル層446に対応し、エピタキシャル層447'はエピタキシャル層447に対応し、エピタキシャル層448'はエピタキシャル層448に対応し、エピタキシャル層449'はエピタキシャル層449に対応する。ただし、非ドープ活性層を構成する層445、445'を除いて、導電型は逆転されている。さらに、層444'の構成はp型InGaAlPの単層よりなる点が相違している。同様に、層446'の構成は、層446'が二つの層、すなわち下部層446<sub>1</sub>および上部層446<sub>2</sub>の積層よりなる点で相違している。

【0106】層446<sub>1</sub>はSeをドープすることにより、一様にn型にドープされるのに対し、層446<sub>2</sub>はZnとSeを同時にドープすることにより、n型にドープされる。さらに、ZnをSeの濃度レベルを図22(A)の原理に従って適当に設定することにより、層446<sub>2</sub>中の(311)A面上に成長する斜面部446a、446bの抵抗率を、(100)面方位のストライプ面上に成長したストライプ領域446cに対して選択的に増加させることができる。あるいは、ZnをSeのドープレベルを図22(B)の関係に従って設定することにより、領域446aと領域446bにおいて、導電型を選択的に反転させることが可能である。これらのいずれの方法によっても、注入電流をメサ構造441aに狭窄することができ、効率的なレーザ発振が可能になる。

る。

【0107】次に、本発明の第5実施例を図23のものと同様な構成を有する図27のレーザダイオードを参照しながら説明する。図27中、図25に対応する部分は同一符号を付して、説明を省略する。

【0108】図27を参照するに、クラッド層406が下部層406<sub>1</sub>と上部層406<sub>2</sub>とにより構成され、上部層406<sub>2</sub>はSeを導入することにより一様にn型にドープされているのに対し、下部層406<sub>1</sub>はZnとSeの同時ドープにより、層406<sub>1</sub>中にn型の第1の領域61aが、両側をp型の第2の領域61b<sub>1</sub>、61b<sub>2</sub>で挟まれるようにして形成されるのを特徴とする。その結果、n型上部層406<sub>2</sub>と領域61b<sub>1</sub>、61b<sub>2</sub>との間にはp-n接合が形成され、かかるp-n接合は、活性層405に注入されるキャリアに対してバリアとして作用するリモート接合を形成する。すなわち、(311)A面を通して流れる駆動電流がリモート接合で阻止され、電流狭窄の効率が一層向上する。

【0109】図28は第5実施例の変形例を示し、図24のレーザダイオードとはほぼ同様の構成を有している。ただし、クラッド層425<sub>2</sub>がSeによりn型にドープされた下部層425<sub>21</sub>とZnおよびSeを同時にドープされた上部層425<sub>22</sub>とにより構成され、さらに層425<sub>22</sub>は(100)面方位のメサ構造ストライプ面に対応しn型にドープされた第1の領域425<sub>22</sub>aと、領域425<sub>22</sub>aの両側に(311)A面に対応して形成された一対のp型領域425<sub>22</sub>b<sub>1</sub>、425<sub>22</sub>b<sub>2</sub>とを含み、n型層425<sub>12</sub>と領域425<sub>22</sub>b<sub>1</sub>あるいは425<sub>22</sub>b<sub>2</sub>との間にリモート接合が形成される。その結果、(311)A面を流れる駆動電流がリモート接合に伴うポテンシャルバリアにより阻止され、駆動電流が領域425aおよび425<sub>22</sub>aを流れるように電流狭窄を行うことが可能である。

【0110】図29は第5実施例の別の変形例を示す。この例では、レーザダイオードは図25のものと略同様の構成を有するが、クラッド層444<sub>2</sub>がSeによりn型にドープされた下部層444<sub>21</sub>とZnおよびSeを同時にドープされた上部層444<sub>22</sub>とより形成される。さらに、上部層444<sub>22</sub>はメサ構造の(100)ストライプ面に対応しn型にドープされた第1の領域444<sub>22</sub>aと(311)A面に対応しp型にドープされた一対の領域444<sub>22</sub>b<sub>1</sub>および444<sub>22</sub>b<sub>2</sub>を含み、層444<sub>21</sub>と領域444<sub>22</sub>b<sub>1</sub>あるいは444<sub>22</sub>b<sub>2</sub>との間にリモート接合が形成される。リモート接合による電流阻止作用の結果、駆動電流は領域444aおよび(100)面方位のストライプ面を通して流れるように電流狭窄作用を受ける。

【0111】次に、本発明の第6の実施例を図30を参照しながら説明する。

【0112】図30を参照するに、本実施例によるレー

ザダイオードはn型GaAs基板461上に形成される。基板461には(100)面方位のストライプ面461cとその両側の(311)A面方位の一对の斜面461b<sub>1</sub>、461b<sub>2</sub>とにより画成される負のメサ構造が形成されており、n型GaAsよりなるバッファ層462がかかる基板上にエピタキシャル成長される。その際、バッファ層462には第2のメサ構造がメサ構造461aに対応して形成される。第2のメサ構造も負のメサを形成し、(100)面方位のストライプ面とその両側の(311)A面方位を有する斜面とよりなる。

【0113】バッファ層462上には、n型InGaAlPよりなるクラッド層463がZnとSeを同時にドーピングすることで成長され、クラッド層463中には一对のp型領域463b<sub>1</sub>、463b<sub>2</sub>が(311)A面に対応して形成されている。層463の他の部分はn型にドーピングされている。さらに、非ドーピングInGaPよりなる活性層464がクラッド層463上にエピタキシャル成長され、活性層464上にはInGaAlPよりなるp型クラッド層465がさらに成長される。

【0114】クラッド層465には負のメサ461aに対応する位置に上方へ突出する清野メサ構造465aが形成され、p型InGaPよりなる中間層466がメサ構造465aに対応して形成される。さらに、p型GaAsよりなる別の中間層467が層466上に、メサ構造465aの延長部として形成される。

【0115】メサ構造465aはInGaP層466とその上に成長したGaAs層467とを含み、左右に電流狭窄作用をなすn型GaAs領域468が形成される。さらに、p型GaAsよりなるコンタクト層469が層468上に、層467の上主面に接するように成長される。

【0116】本実施例によるレーザダイオードでは、電流の狭窄作用を通常用いられるn型GaAs層468の他に、p型領域463b<sub>1</sub>、463b<sub>2</sub>においても得ることができ、電流狭窄作用をさらに強化することができる。

【0117】次に、図30の構造を形成する工程を図31(A)～(D)、図32(E)～(G)、図33(H)～(J)、図34(K)～(M)を参照しながら説明する。

【0118】図31(A)を参照するに、n型基板461の上主面上にメサ構造461aが<01-1>方向に延在する溝として形成され、このようにして形成された溝は、底面461cとその両側の一对の斜面461b<sub>1</sub>、461b<sub>2</sub>とにより画成される。さらに、n型GaAs層462がこのように溝を形成された基板461上にエピタキシャル成長され、その結果、層462にも、(311)A面方位の一对の斜面で画成された第2のメサ構造が前記第1のメサ構造に対応して図31(B)に示すように形成される。

【0119】ついで、図31(B)の構造上にMOCVD法により層463～467がそれぞれの導電型で順次形成され、図31(C)の構造が得られる。図31

(C)において、層463はp型にドーピングされた斜面部を除き、n型にドーピングされ、一方層465～467はn型にドーピングされている。

【0120】次に、酸化シリコンマスク471が図31(D)に示すように堆積され、さらにマスク471上にはフォトレジスト471が堆積される。層467の上主面上および層471の上主面上にはメサ構造461cに対応して凹部ないし溝が形成され、フォトレジストはかかる凹部を満たすように形成される。

【0121】図32(E)の工程で、フォトレジスト472は酸素プラズマ中でアッシングを行われ、前記溝部を除き除去される。

【0122】次に、図32(F)の工程で残っているレジスト472をマスクとして酸化シリコン層471をエッチングする。さらにエッチングの後、図32(G)の工程でフォトレジストを除去する。

【0123】さらに、図32(G)の工程で形成された構造を、NH<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>の水溶液よりなるエッチング液でエッチングし、図33(H)に示すように層467を選択的に除去する。さらに、このようにしてパターンニングされた層467の両側で上方に延在する酸化シリコン層471を、図33(I)の工程で緩衝HF溶液を使ったエッチングにより除去する。

【0124】さらに、パターンニングされた層467をマスクとして使い、中間層466をBr、HBrおよびH<sub>2</sub>Oの混合液によりエッチングして除し、次いで層465をHClを含むエッチング液でエッチングして図33(I)に示す構造を得る。

【0125】次に、酸化シリコン層471をマスクとして使いながら、n型GaAs層468をMOCVD法で堆積して図34(K)に示す構造を得る。図34(K)の構造が形成された後、マスク471をステップ34

(L)において除去し、さらに図34(M)の工程でp型GaAs層469を堆積することにより、図30の構造が得られる。

【0126】次に、本発明の第7実施例を説明する。

【0127】図35は第7実施例によるストライプレーザダイオードを示す。図示のレーザダイオードはSiにより $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度にドーピングされたGaAs基板501上に構成され、通常の(100)面方位の上主面を形成されている。さらに、基板上主面には<01-1>方向に延在する段部501aが形成され、前記段部501aは<01-1>方向に延在する(311)A面方位を有するストライプ面501cにより形成され、約1μmの高さを有する。すなわち、段部501aは基板501の上主面を、第1の(100)面領域501b<sub>1</sub>と第2の(100)面領域501b<sub>2</sub>に分割す

る。かかる段部は例えばGaAs基板の(100)面上に酸化シリコンマスクを形成し、HF水溶液を使ったエッチングを施すことで形成できる。

【0128】基板501の上主面上には、SeあるいはSiによりドーパされたn型バッファ層502が約1 $\mu$ mの厚さで形成されている。Seをドーパントとした場合、Seの濃度レベルは先に図15で説明したように、結晶面によって変化する。図示の例では、(100)面上に成長した部分では約 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のSe濃度が得られるが、(311)A面上に成長した部分では、約 $1.2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ となる。図15の関係を参照。エピタキシャル成長は一樣な厚さでなされるため、基板501上主面の段部形状はバッファ層502の上主面に転写される。

【0129】バッファ層502上には、n型InGaPよりなる中間層503がMOCVD法によりエピタキシャル成長される。層503は組成として $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ を有し、Se又はSiによりドーパされる。Seを使う場合には、Se濃度は結晶面により変化し、(100)面上に成長した部分で $3.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、

(311)A面上に成長した部分で $7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の濃度になる。また、層503の厚さは(100)面上で0.1 $\mu$ m、(311)A面上で0.25ミクロンになる。

【0130】層503上には、SeまたはSiによりドーパされ、組成が $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のn型InGaAlPよりなるクラッド層504が形成される。層504の厚さは結晶面でわずかに変化し、

(100)面上に成長した部分で0.3 $\mu$ m、(311)A面上に成長した部分で0.6 $\mu$ mの厚さを有する。さらに、n型InGaAlPよりなり組成 $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{P}$ を有する光ガイド層505が層504上に形成される。層504はSiまたはSeによりn型にドーパされ、(100)面上に成長した部分で0.2 $\mu$ mの厚さを、また(311)A面上に成長した部分で0.4 $\mu$ mの厚さを有する。層505の上には組成が $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の非ドーパInGaP活性層506が形成される。活性層506もその厚さが成長される結晶面により異なり、(100)面上に成長した部分で0.015 $\mu$ mの厚さを、(311)A面上に成長した部分で0.03 $\mu$ mの厚さを有する。

【0131】活性層506上には、組成が $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のp型InGaAlPクラッド層507が成長される。層507はMgまたはZnによりドーパされ、(100)面上に成長した部分で0.3 $\mu$ mの厚さを、また(311)A面上に成長した部分で0.6 $\mu$ mの厚さを有する。さらに、InGaAlPよりなりZnとSeで同時にドーパされた別のクラッド層508が層507上に形成される。クラッド層508は組成 $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ を有し、厚さ

が0.4 $\mu$ mのp型領域508aと、その両側の厚さが0.2 $\mu$ mのn型領域508b<sub>1</sub>、508b<sub>2</sub>を含む。ただし、領域508aではSeよりもZnの濃度が高く、このためp型を示すのに対し、領域508b<sub>1</sub>、508b<sub>2</sub>ではSeの濃度のほうがZn濃度よりも高くn型の導電性を示す。

【0132】層508上には、組成が $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ であらわされるp型InGaAlPよりなる中間層509が、(100)面上に成長した部分で0.04ミクロンの厚さで、また(311)A面上に成長した部分で0.08ミクロンの厚さで形成される。さらに、組成が $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のp型InGaAlPよりなる別の中間層510が、層509上に(100)面上の部分で0.1ミクロンの厚さを、また(311)A面上の部分で0.2ミクロンの厚さを有するように形成される。層509および510はいずれもMgまたはZnによりドーパされ、結晶面に関係なくp型の導電性を示す。さらに、p型GaAsよりなるコンタクト層511が5~10ミクロンの厚さで形成される。層511はZnにより、 $1 \sim 6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度レベルのドーパされる。

【0133】上記各エピタキシャル層の成長は、先の実施例と同様に、所望のドーパントを含んだ気体状ソース材料をエピタキシャルのソースガスに混合することによりなされる。すなわち、Seのみを層502~505に導入する場合、水素化セレンを、Seのモル濃度が他のV族元素のモル濃度に対して約 $2 \times 10^{-6}$ になるように設定する。これにより、(100)面上に成長した部分で約 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度レベルが得られ、また(311)A面上に成長した部分で約 $1.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度レベルが得られる。一方、SeとZnが同時にドーパされる層508では、Znを供給する際にジメチル亜鉛のモル比をIII族元素の気体状ソース材料に対して0.1に設定する。すなわち、ジメチル亜鉛は、層508中のZn濃度が(100)面上成長した部分で約 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ になるように、また(311)A面上に成長した部分で約 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ になるように供給される。

【0134】図35の層状構造体が形成されて後、上部電極512および下部電極513がそれぞれGaAsコンタクト層511の上主面および基板501の下主面上に形成される。

【0135】図35のレーザダイオードにおいても、領域508aにおいて電流の狭窄作用が得られ、従って、(311)A面に対応して形成されたストライプ領域において効率的なレーザ発振が生じる。図35の素子構造は、基板501上に段部501aが形成された後は、単純なエピタキシャルプロセスの繰り返しにより形成できる。

【0136】図36は図35の装置の変形例を示し、ク

ラッド層507中にリモート接合が形成されていることを特徴とする。層507は下部層507<sub>1</sub>と上部層507<sub>2</sub>より形成れてなり、層507<sub>1</sub>は(311)A面に対応したp型の第1の領域507aと、いずれもn型にドーブされた一対の第2の領域507b<sub>1</sub>、507b<sub>2</sub>より形成される。かかる層507<sub>1</sub>のドーピングは先に説明したSeとZnの同時ドーブにより達成できる。これに対し、上部層507<sub>2</sub>は一様にp型ドーブされる。その結果、n型領域507b<sub>1</sub>あるいは507b<sub>2</sub>とp型上部層507<sub>2</sub>の境界面にリモート接合が形成され、電流狭窄作用をさらに増大させることができる。

【0137】図37は図35のレーザダイオードの別の変形例を示す。本変形例によるレーザダイオードは上主面601bが(100)面に対して(111)A面方向に約+8°傾斜したn型GaAs基板601を使用する。ここで、正の傾斜角は時計回り方向への傾斜を示す。さらに、基板601には<01-1>方向へ延在する溝ないし負のメサ構造601aが形成されており、メサ構造601aは(311)A面方位の側壁面601cとこれに対向するように形成され(100)面から(111)A面方向に-9°の角度傾斜した別の側壁面601dとにより画成されている。その結果、表面601dは基板601の傾斜上主面601bと結晶学的に等価な面を構成する。

【0138】このように形成された基板601上に、エピタキシャル層602~606が順次堆積され、このうち、層602はクラッド層502に対応し、層603は活性層506に対応し、層604はクラッド層507に対応し、層605はクラッド層508に対応し、層606は層509に対応する。さらに、p型GaAsよりなるコンタクト層607がコンタクト層511に対応して層606上に形成される。また、層607の上主面上には上部電極608が、また基板601の下主面上には下部電極609が形成される。ここで、層602はSeまたはSによりn型にドーブされ、一方層604、606はMgまたはZnによりp型にドーブされる。一方、クラッド層605にはZnとSeの同時ドーブがなされる。

【0139】図37のレーザダイオードでは、クラッド層605はZnとSeで同時にドーブされる結果、先の実施例の場合と同じく、三つの異なった部分、すなわち(311)A面方位のストライプ面を含む第1の領域605aと、その両側の斜面部を含む第2の領域605b<sub>1</sub>、605b<sub>2</sub>により構成され、その際第1の領域605aはp型にドーブされるのに対し、第2の領域605b<sub>1</sub>、605b<sub>2</sub>はn型にドーブされる。ただし、メサ601aの側壁を形成する領域605b<sub>1</sub>は、基板上主面が傾斜して形成されていることにより、基板上主面上に形成される結晶面605b<sub>2</sub>と等価な面を形成する。その結果、層605では側壁面605aのみがp型にド

ーブされ、層605の他の部分は全てn型にドーブされる。このため、駆動電流は活性層603のうち、(311)A面上に形成されている部分に集中的に流れ、レーザ発振はかかるストライプ状部分で集中的に生じる。活性層の他の部分では駆動電流が供給されないため、レーザ発振は生じない。

【0140】図37のレーザダイオードの原理を応用して、CODとして周知のレーザダイオードの端面における溶融の問題を解決することができる。CODが生じると、レーザダイオード端面における不純物準位が光ビームの吸収を生じ、かかる吸収は発熱により端面の温度上昇を招く。端面の温度が上昇すると、活性層のバンドギャップが狭くなり、究極的には短絡を生じてしまう。

【0141】このCOD問題を回避するため、従来の高出力レーザダイオードは端面にだけバンドギャップの大きい材料を使ったり、あるいは端面部分に電流が注入されないように、電極形状を工夫していた。しかし、これらの対策はいずれも複雑で、実際のレーザダイオードの製造工程に適用するのは困難であった。

【0142】図38、39は図37の原理に基づいて前記CODの問題を解決したレーザダイオードの製造方法を説明する図である。

【0143】図38を参照するに、n型GaAs基板701の上主面および下主面を、(100)面から(111)A面に+8°傾くように形成する。さらに、基板上主面を酸化シリコン層702で覆い、これを図38に示すようにパターンニングする。その際、酸化物層702はマスクを形成し、レーザダイオードの両端部に対応して、基板701の両端部に突出部702a、702bを形成されている。

【0144】次に、マスク702で保護した基板701をウェットエッチングにより処理する。エッチングは基板701上主面の露出部に作用し、図39に示す構造が得られる。ここで、図39はマスク702を除去した状態を示す。図39より明らかなように、基板701の上主面は(311)A面方位を有するストライプ状の際1の面703aと、ストライプ面703aの両側に形成された一対の平面部703b<sub>1</sub>、703b<sub>2</sub>に区画される。さらに、基板701の両端面には(311)A面に対して傾いた斜面704aが、ストライプ面703aの延在方向上に整合して形成される。ただし、斜面704aの両側には基板701の上主面703b<sub>1</sub>あるいは703b<sub>2</sub>と同一面指数の面704b<sub>1</sub>、704b<sub>2</sub>が形成されている。

【0145】基板701上には、MOCVD法により、図37と同様にエピタキシャル層が成長される。本実施例では、ストライプ面703a上に成長したエピタキシャル層はストライプ面704a上に成長したエピタキシャル層と等価でなく、これらの層の関係は図37のレーザダイオードにおける層605aと層605b<sub>1</sub>の関係と



同様になる。

【0146】図40は図39の構造体上に形成されるレーザダイオードの要部を示し、n型InGaAlPクラッド層705aと、非ドープInGaP活性層706aと、p型InGaAlPクラッド層707aとが、各面703a, 703b<sub>1</sub>, 703b<sub>2</sub>上に成長される。クラッド層705はSeとZnにより同時にドープされ結晶面にかかわらずn型を有するのに対し、(311)A面上に成長される層707aは(311)A面上に成長する部分のみがp型にドープされ、他の部分はn型にドープされる。

【0147】一方、エピタキシャル705b~707bは図39の両端部に形成された面704a, 704b<sub>1</sub>, 704b<sub>2</sub>に対応するエピタキシャル705a~707aと同時に成長される。ただし、これらの結晶面のいずれにも(311)A面は含まれない。そこで、クラッド層705bおよび707bはいずれもn型にドープされ、従って、ダブルヘテロ構造のレーザダイオードを構成する接合部はレーザダイオードの両端部には形成されない。このため、かりに電極をレーザダイオードの上下に様に形成しても、レーザダイオード両端部でレーザ発振が生じることはなく、CODの問題を回避することが可能になる。

【0148】本発明は以上の実施例に限定されるものではなく、発明の要旨ないで様々な変形、変更が可能である。

#### 【0149】

【発明の効果】本発明によれば、Mgをp型ドーパントとして使うことにより、MOCVD法により成長されるクラッド層の抵抗率を結晶面に無関係に様に設定でき、またMgあるいはZnよりなるp型ドーパントとSeよりなるn型ドーパントをクラッド層に同時にドープすることにより、クラッド層の抵抗率あるいは導電型をレーザダイオードのストライプ領域に対応して選択的に低下させあるいは反転させることが可能になり、これによりレーザダイオードに注入される駆動電流を効率的に狭窄することが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明する図である。

【図2】本発明の原理を説明する別の図である。

【図3】Mgドーパントガスのモル比とホール濃度の関係を示す図である。

【図4】Znドーパントガスのモル比とホール濃度およびZn濃度の関係を示す図である。

【図5】各結晶面と、Zn濃度、ホール濃度および抵抗率の関係を示す図である。

【図6】各結晶面と、Mg濃度、ホール濃度および抵抗率の関係を示す図である。

【図7】本発明第1実施例によるレーザダイオードの構造を示す斜視図である。

【図8】(A), (B)は図7のレーザダイオードを製造する際の各エピタキシャル層の成長シーケンスを示す図である。

【図9】(A), (B)は図7のレーザダイオードを製造する工程図(その一)である。

【図10】(C), (D)は図7のレーザダイオードを製造する工程図(その二)である。

【図11】(A), (B)は各結晶面と、Mg濃度、Se濃度、ホール濃度および抵抗率との関係を示す図である。

【図12】本発明の第2実施例を示す図である。

【図13】(A), (B)は各結晶面と、Se濃度、Zn濃度、キャリア濃度および抵抗率との関係を示す図である。

【図14】本発明の第3実施例の原理を説明する図(その一)である。

【図15】本発明の第3実施例の原理を説明する図(その二)である。

【図16】本発明の第3実施例の原理を説明する図(その三)である。

【図17】本発明の第3実施例を示す図である。

【図18】第3実施例の一変形例を示す図である。

【図19】第3実施例の別の変形例を示す図である。

【図20】(A), (B)は図19のレーザダイオードを製造する工程を示す図である。

【図21】本発明の第4~第7実施例の原理を説明する図(その一)である。

【図22】(A), (B)は第4~第7実施例の原理を説明する図(その二)である。

【図23】本発明の第4実施例を示す図である。

【図24】第4実施例の一変形例を示す図である。

【図25】第4実施例の別の変形例を示す図である。

【図26】第4実施例のさらに別の変形例を示す図である。

【図27】本発明の第5実施例を示す図である。

【図28】第5実施例の一変形例を示す図である。

【図29】第5実施例の別の変形例を示す図である。

【図30】本発明の第6実施例を示す図である。

【図31】(A)~(D)は第6実施例の製造工程を示す図(その一)である。

【図32】(E)~(G)は第6実施例の製造工程を示す図(その二)である。

【図33】(H)~(J)は第6実施例の製造工程を示す図(その三)である。

【図34】(K)~(M)は第6実施例の製造工程を示す図(その四)である。

【図35】本発明の第7実施例を示す図である。

【図36】第7実施例の一変形例を示す図である。

【図37】第7実施例の別の変形例を示す図である。

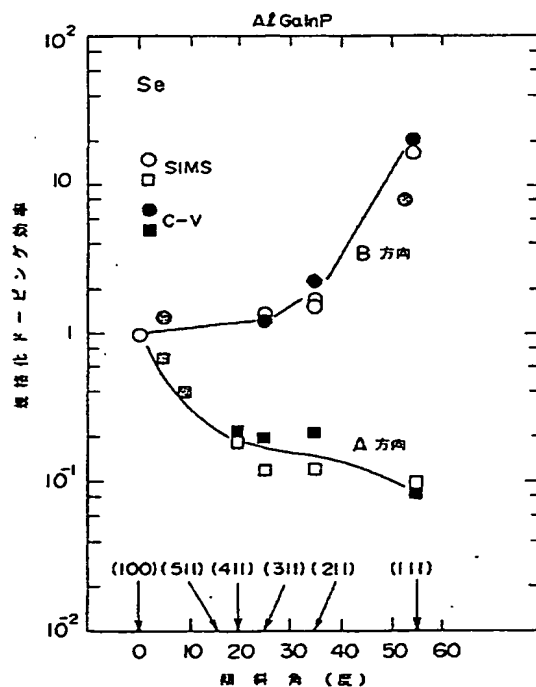
【図38】本発明の第8実施例によるレーザダイオード

3 0 3, 3 2 3, 3 4 4, 4 0 2, 4 2 3, 4 6 2, 5

$b_2$ 、401c, 401b<sub>1</sub>, 401b<sub>2</sub>, 441c,  
441b<sub>1</sub>, 441b<sub>2</sub> 非等価結晶面

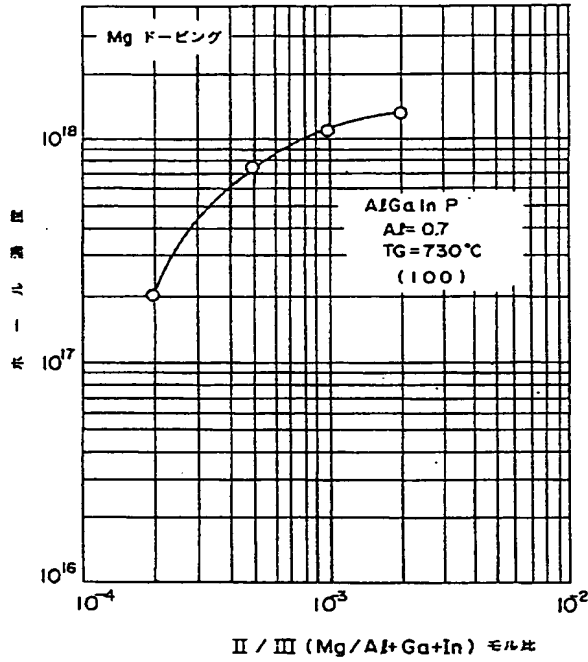
【图2】

本発明の原理を説明する別の図



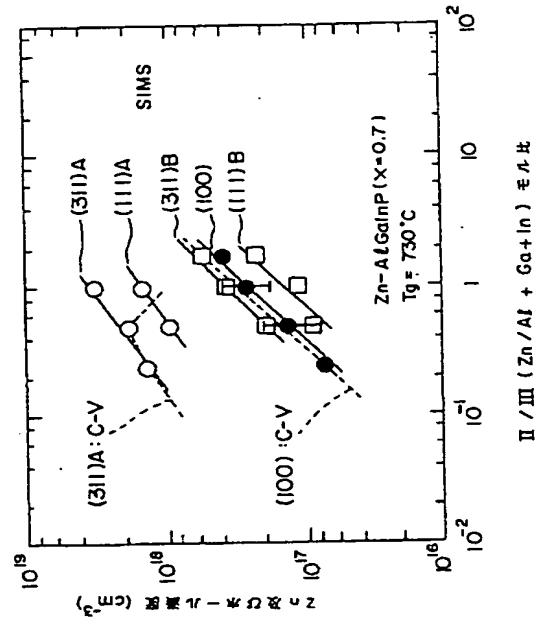
【図 3】

Mg ドーパントガスのモル比とホール濃度の  
関係を示す図



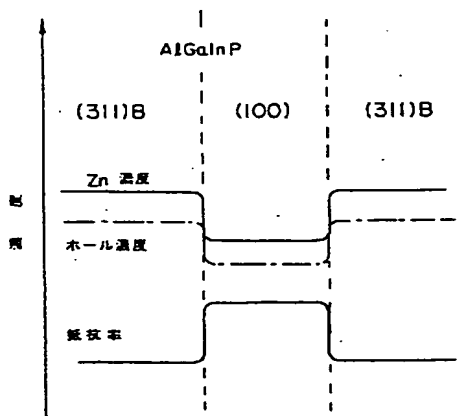
【図 4】

Zn ドーパントガスのモル比とホール濃度及び  
Zn 濃度の関係を示す図



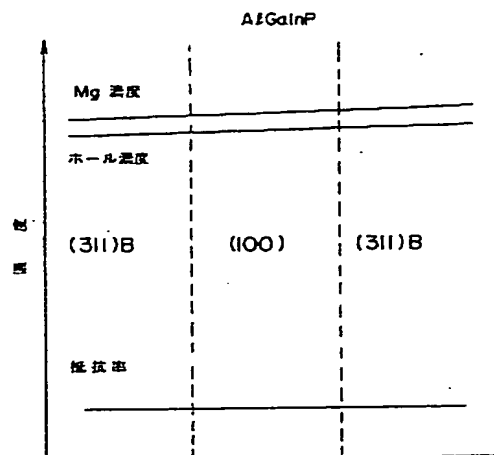
【図 5】

各結晶面と、Zn 濃度、ホール濃度及び抵抗率  
との関係を示す図



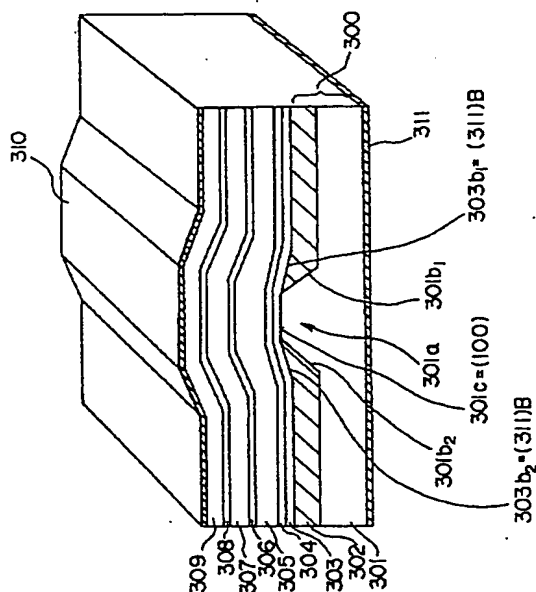
【図 6】

各結晶面と、Mg 濃度、ホール濃度及び抵抗率  
との関係を示す図



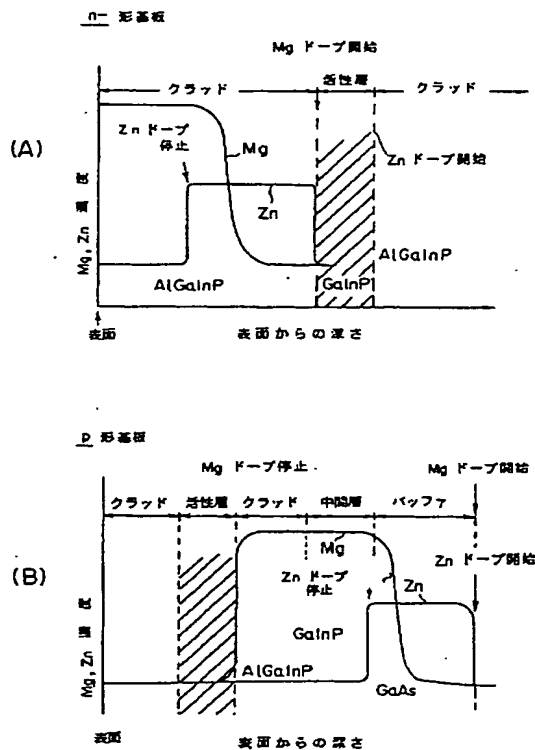
【図 7】

本発明第 1 実施例によるレーザダイオードの構造を示す斜視図



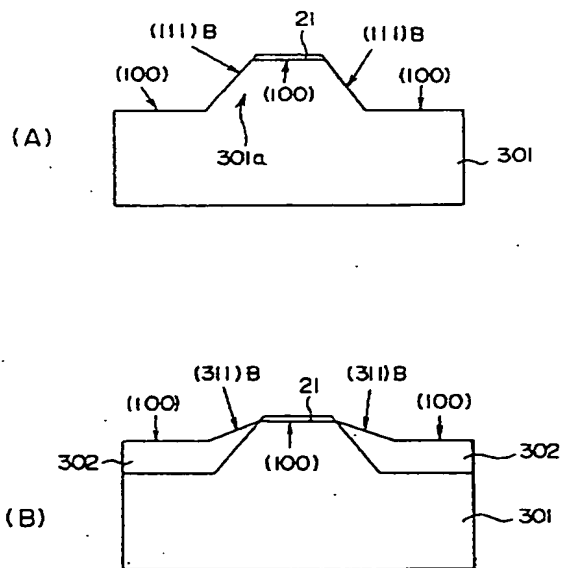
【图8】

図7のレーザダイオードを製造する際の各エピタキシャル層の成長シーケンスを示す図



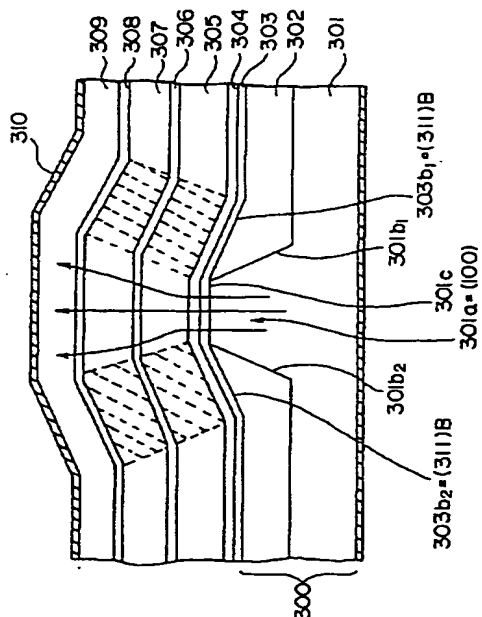
【图9】

図7のレーザダイオードを製造する工程図(その一)



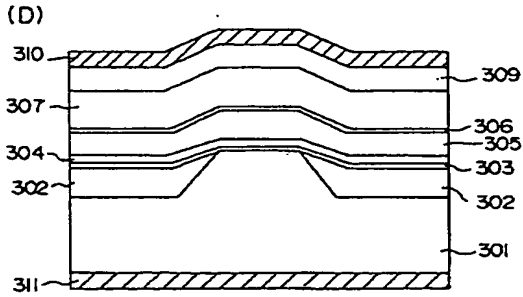
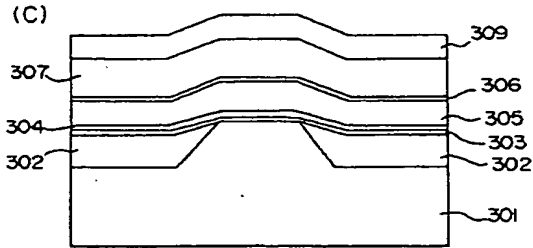
【图 1 2】

本発明の第 2 実施例を示す図



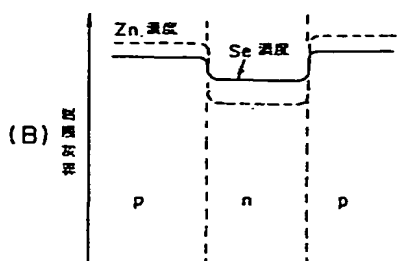
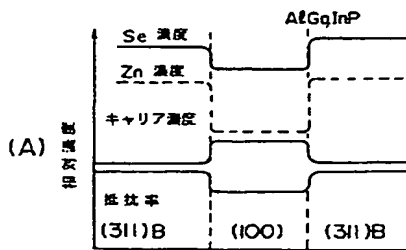
【図10】

図7のレーザダイオードを製造する工程図(その二)



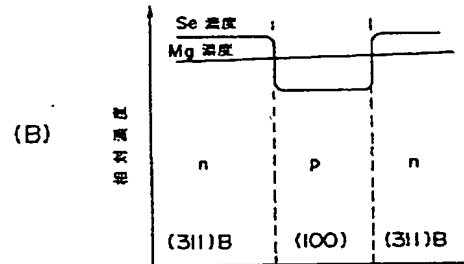
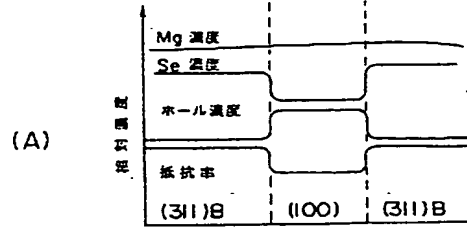
【図13】

各結晶面と、Se濃度、Zn濃度、キャリア濃度、及び抵抗率の関係を示す図



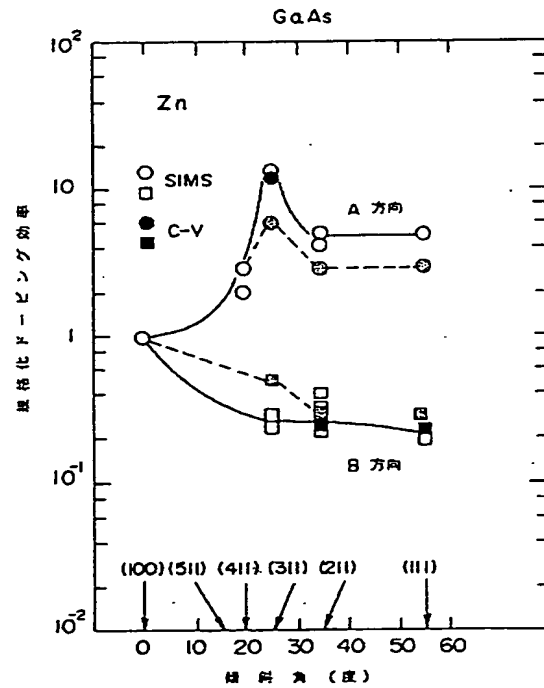
【図11】

各結晶面と、Mg濃度、Se濃度、ホール濃度及び抵抗率との関係を示す図



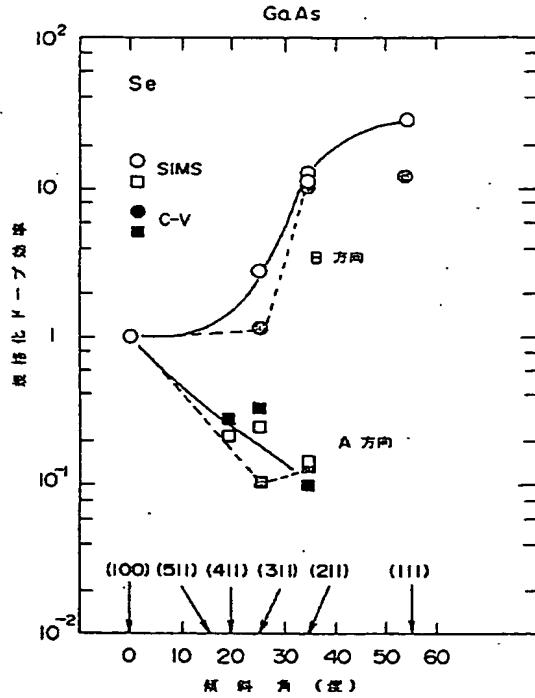
【図14】

本発明の第3実施例の原理を説明する図(その一)



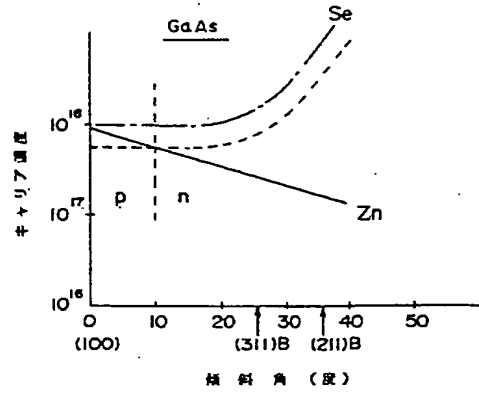
【図15】

本発明の第3実施例の原理を説明する図(その二)



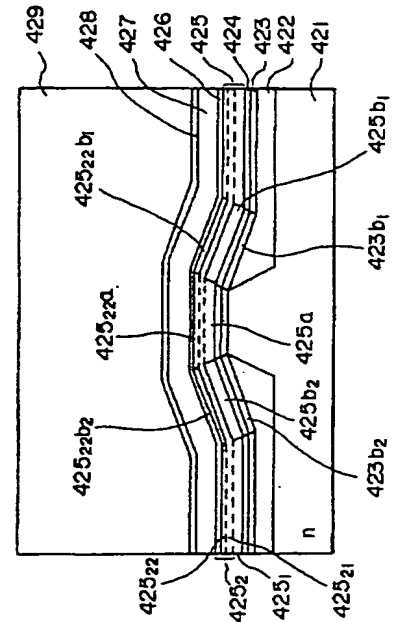
【図16】

本発明の第3実施例の原理を説明する図(その三)



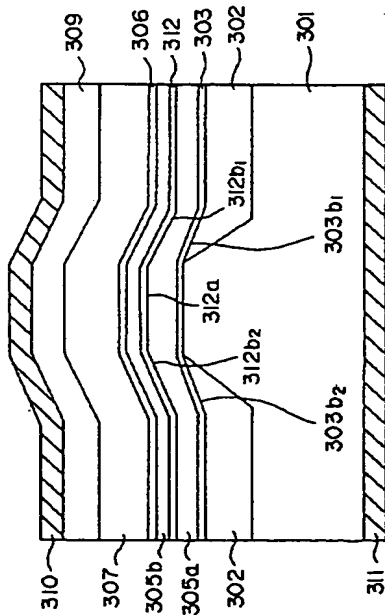
【図28】

第5実施例の一変形例を示す図



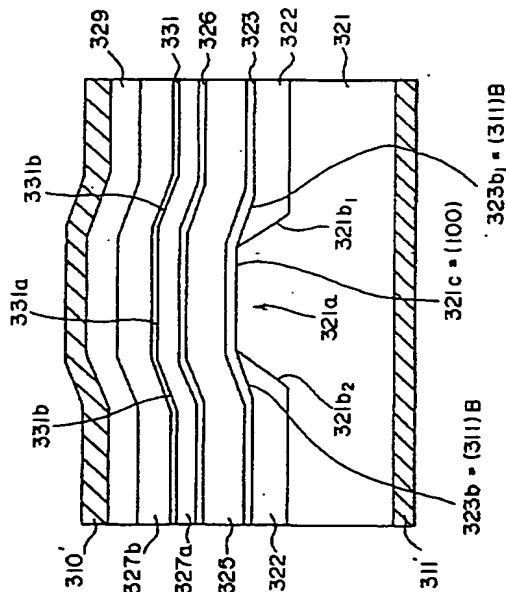
【図17】

本発明の第3実施例を示す図



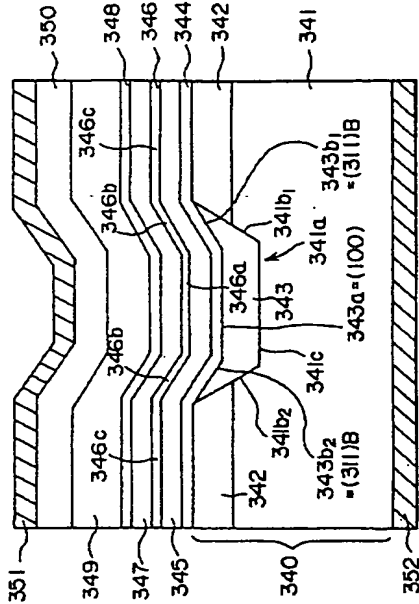
【図18】

第3実施例の一変形例を示す図



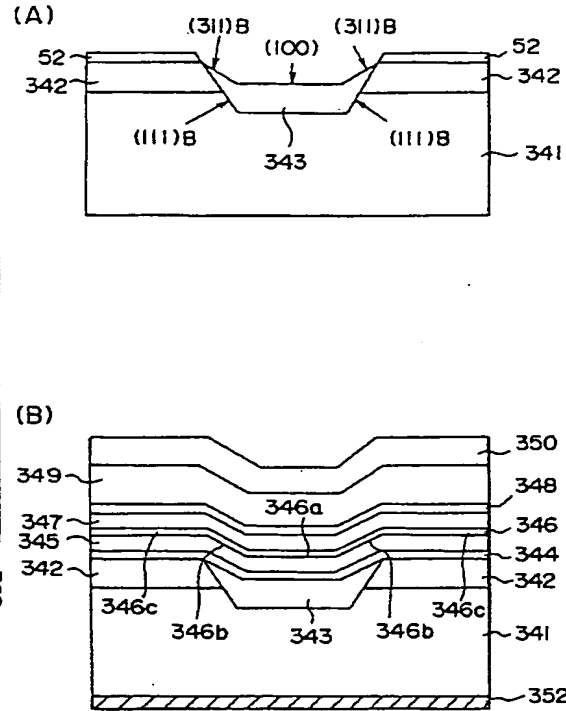
【図19】

第3実施例の別の変形例を示す図



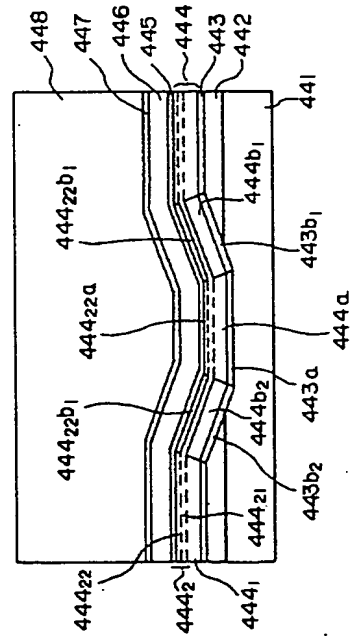
【図20】

図19のレーザダイオードを製造する工程を示す図



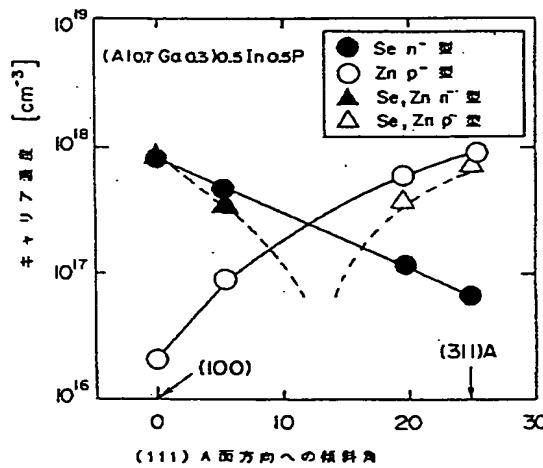
【図29】

第5実施例の別の変形例を示す図



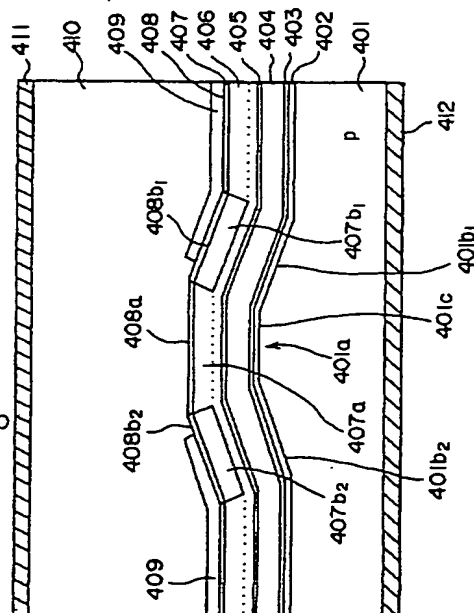
【図21】

本発明の第4～第7実施例の原理を説明する図(その一)



【図23】

本発明の第4実施例を示す図

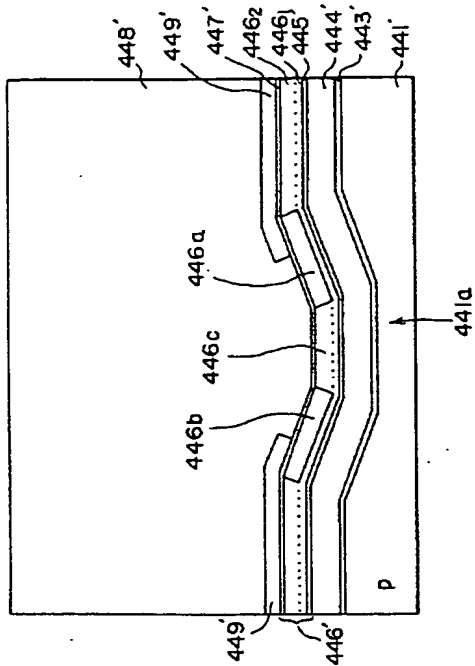






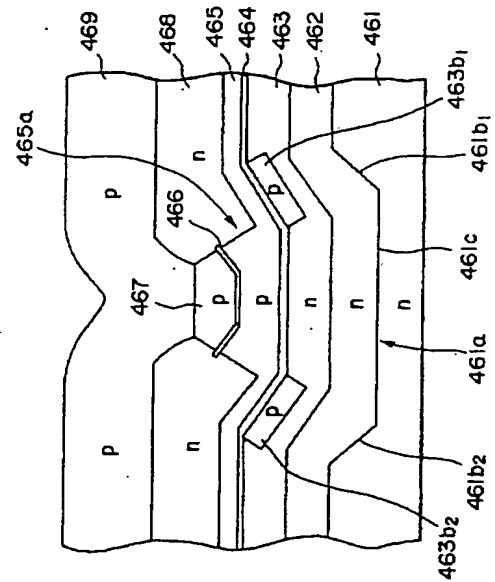
【図26】

第4実施例のさらに別の变形例を示す図



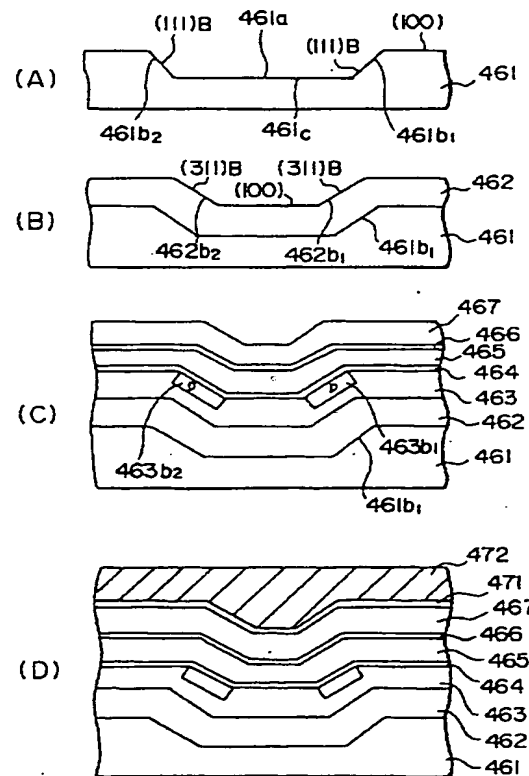
【図30】

本発明の第6実施例を示す図



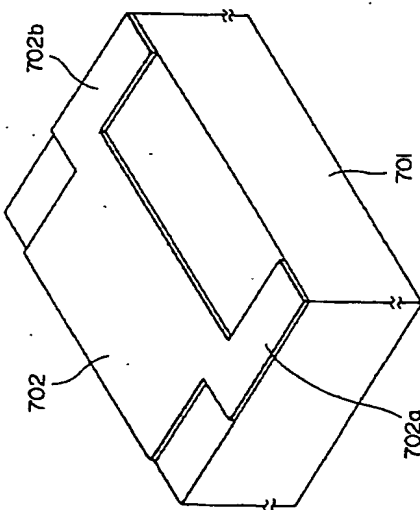
【図31】

第6実施例の製造工程を示す図(その一)



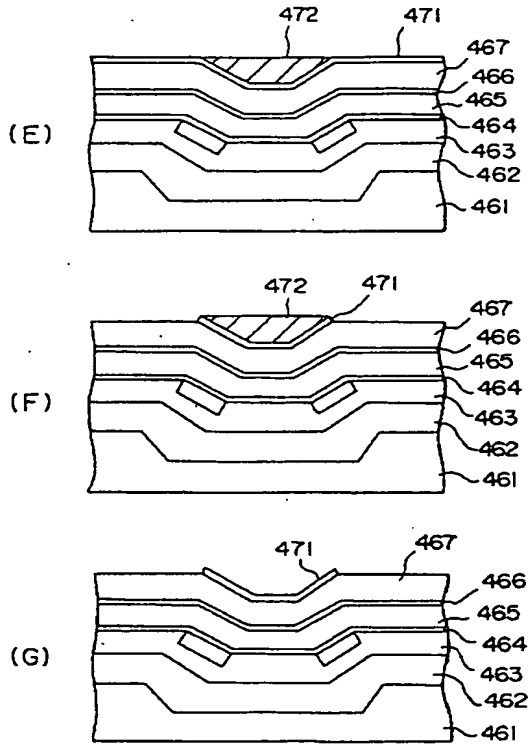
【図38】

本発明の第8実施例によるレーザダイオード製造工程を示す図(その一)



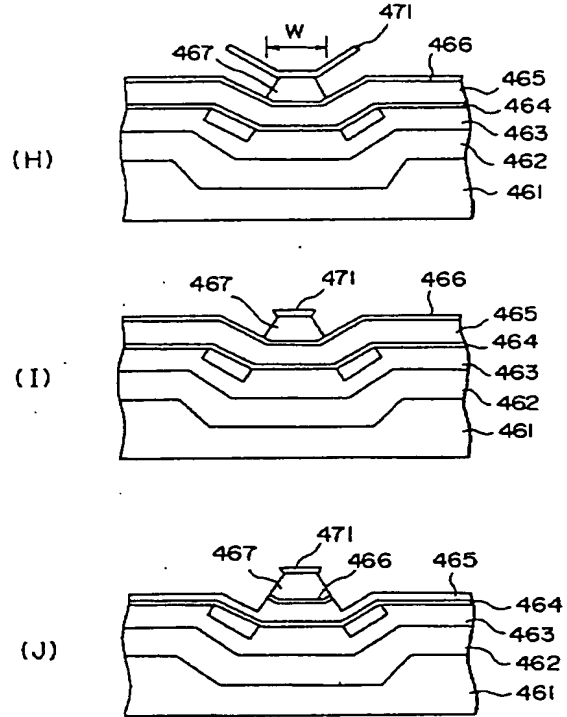
【図 3 2】

第 6 実施例の製造工程を示す図 (その二)



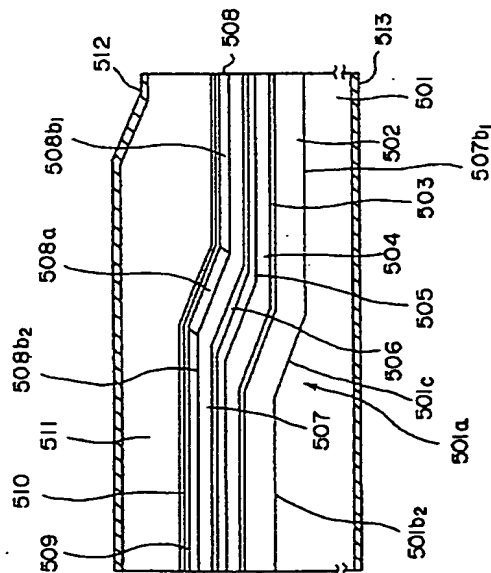
【図 3 3】

第 6 実施例の製造工程を示す図 (その三)



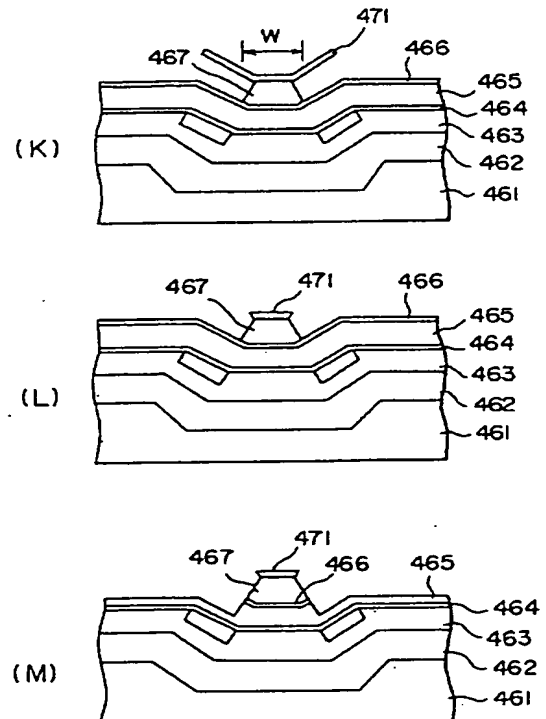
【図 3 5】

本発明の第 7 実施例を示す図



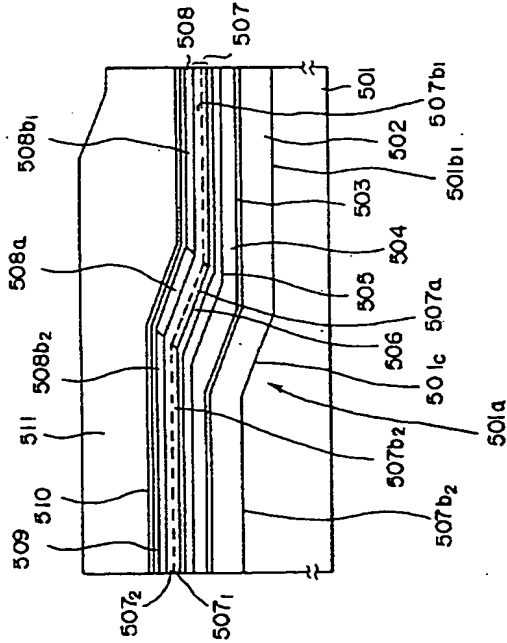
【図 3 4】

第 6 実施例の製造工程を示す図 (その四)



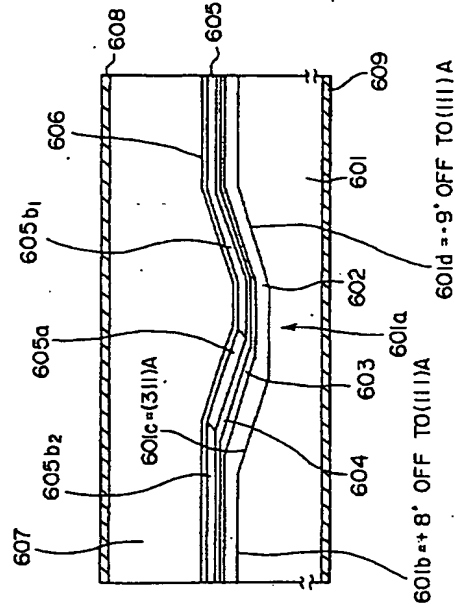
【図36】

第7実施例の一変形例を示す図



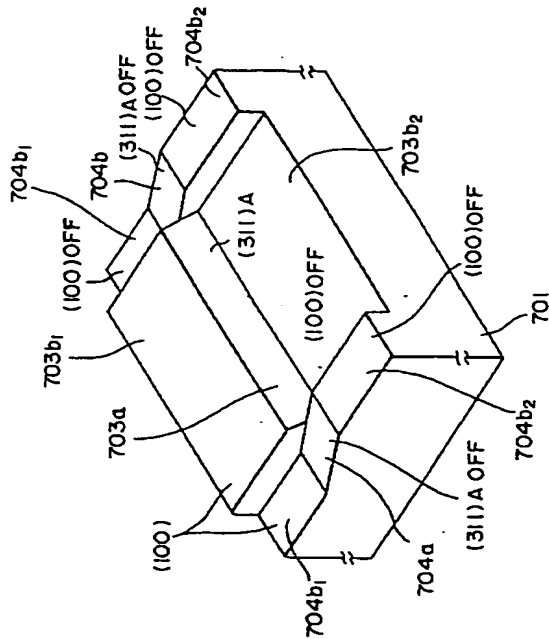
【図37】

第7実施例の別の変形例を示す図



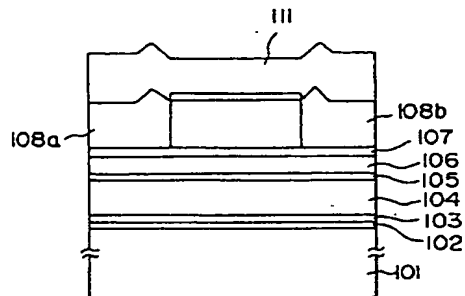
【図39】

本発明の第8実施例によるレーザダイオードの製造工程を示す図(その二)



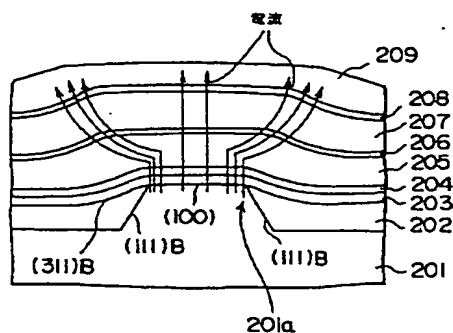
【図41】

従来のリッジ型レーザダイオードの構造を示す図



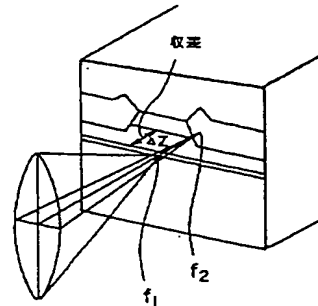
【図43】

従来のストライプ型レーザダイオードを示す図



【図42】

従来のリッジ型レーザダイオードにおいて生じる収差を説明する図



フロントページの続き

(31) 優先権主張番号 特願平4-51563

(32) 優先日 平4(1992)3月10日

(33) 優先権主張国 日本(JP)

(31) 優先権主張番号 特願平4-68000

(32) 優先日 平4(1992)3月26日

(33) 優先権主張国 日本(JP)

(31) 優先権主張番号 特願平4-132304

(32) 優先日 平4(1992)5月25日

(33) 優先権主張国 日本(JP)

(72) 発明者 菅野 真実

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 堂面 恵

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 棚橋 俊之

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 関口 洋

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成10年(1998)9月25日

【公開番号】特開平6-45708  
 【公開日】平成6年(1994)2月18日  
 【年通号数】公開特許公報6-458  
 【出願番号】特願平4-250280  
 【国際特許分類第6版】

H01S 3/18  
 H01L 21/205

【F I】

H01S 3/18  
 H01L 21/205

【手続補正書】

【提出日】平成9年1月24日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板表面上に、前記基板表面上を所定方向に、互いに平行に延在する複数の結晶学的に非等価な結晶面により画成された第1のストライプ構造を形成され、前記半導体基板表面上に、前記第1のストライプ構造を含むように、InGaAlP層を、In, Ga, AlおよびPの気相原料の分解により、前記半導体基板に対してエピタキシーを維持しつつ形成され、その際前記InGaAlP層には、前記第1のストライプ構造に対応した、複数の結晶学的に非等価な結晶面で画成された第2のストライプ構造が形成された構成を有するレーザダイオードの製造方法において、  
 前記InGaAlP層の成長中に、前記In, Ga, AlおよびPの気相原料に、Mgの気相原料を加えることにより、前記InGaAlP層を、前記第2のストライプ構造を形成する結晶面に関係なく、実質的に一様なキャリア濃度で、p型にドーピングする工程を含むことを特徴とするレーザダイオードの製造方法。

【請求項2】 前記Mgの気相原料は、式(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Mgで表されるビス シクロペンタジエニルマグネシウムを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記InGaAlP層をドーピングする工程において、Mgの気相原料の供給は、前記InGaAlP層の成長が開始される段階よりも前に開始され、前記InGaAlP層の成長の始めから終わりまで、Mgを前記InGaAlP層中に、実質的に一様な濃度で導入することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項4】 前記ストライプ構造は、〈011〉方向

に延在するストライプ状上主面と、〈011〉方向に延在する一対のストライプ状側壁面とにより形成されたメサ構造であり、前記上主面は(100)面方位を有し、前記側壁面は(311)B面方位を有することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】 さらに、前記InGaAlP層が形成された後、前記InGaAlP層上に、エピタキシーを維持しつつ、前記ストライプ構造を含むように、InGaAlPよりも狭いバンドギャップを有する非ドーピング半導体層を、活性層として成長する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】 さらに、前記基板上に、前記InGaAlP層の成長が開始されるよりも前に、気相原料の分解によりp型半導体層を形成する段階を含み、前記p型半導体層を形成する段階は、前記半導体層の原料と同時にMg以外のp型ドーパントを供給する工程と、Mgの気相原料を前記半導体層の気相原料に加えることにより、Mgの供給を開始する工程とよりなり、MgをInGaAlP層の形成工程開始時から、所望の濃度レベルで導入することを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】 さらに、前記InGaAlP層の形成が開始されるよりも前に、InGaAlPよりも狭いバンドギャップを有する非ドーピング半導体よりなる活性層を、前記基板上の前記ストライプ構造に整合するように、かつ基板に対してエピタキシーを維持しつつ形成し、前記InGaAlP層を前記活性層上に形成する工程を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、Mg以外のドーパントを、気相原料の形で、前記InGaAlP層の形成工程の開始と同時に供給する工程と、Mgが前記InGaAlP層に十分な濃度で導入された後、Mgの供給を遮断する工程とよりなることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項8】 半導体基板表面に形成された、前記表面を含む、複数の、各々所定方向に互いに平行に延在する

結晶学的に非等価な結晶面より画成された第1のストライプ構造と、前記半導体基板上に、前記第1のストライプ構造を含むように、In, Ga, AlおよびPの気相原料の分解により、前記半導体基板に対してエピタキシーを維持しながら形成されたInGaAlP層と、前記InGaAlP層に前記第1のストライプ構造に対応して形成され、複数の結晶学的に非等価な結晶面により画成された第2のストライプ構造とを有するレーザダイオードの製造方法において、

前記InGaAlP層の成長中に、前記In, Ga, AlおよびPの気相原料に、p型ドーパントおよびn型ドーパントを気相原料の形で加えることにより、前記InGaAlP層の電気的性質を、レーザダイオードの駆動電流が、前記第1および第2のストライプ構造の少なくともいずれかの特定の結晶面を選択的に流れるように、前記InGaAlP層の結晶面に応じて変化させることを特徴とするレーザダイオードの製造方法。

【請求項9】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーブする工程は、p型ドーパントとしてMgの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、MgとSeの濃度は、前記InGaAsP層がp型にドーブされ、その際(100)面上に成長した領域のキャリア濃度が(311)B面上に成長した領域のキャリア濃度よりも高くなるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項10】 前記InGaAlP層は、Mgにより、前記InGaAlP層中のMg濃度が、(100)面上および(311)B面上の各領域においていずれも $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $4 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、(311)B面上の領域において $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされることを特徴とする請求項9記載の方法。

【請求項11】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーブする工程は、p型ドーパントとしてMgの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、MgとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてp型にドーブされ、(311)B面上の領域においてn型にドーブされることを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項12】 前記InGaAlP層は、Mgにより、前記InGaAlP層中のMg濃度が、(100)面上および(311)B面上の各領域においていずれも $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、(311)B面上の領域において $1.2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにド

ープされることを特徴とする請求項11記載の方法。

【請求項13】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーブする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層がn型にドーブされ、キャリア濃度レベルが、(100)面上の領域において、(311)B面上の領域よりも高くなるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項14】 前記InGaAlP層は、Znにより、前記InGaAlP層中のZn濃度が、(100)面上の領域において $6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ になるように、また(311)B面上の領域において $1.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、(311)B面上の領域において $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされることを特徴とする請求項13記載の方法。

【請求項15】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311)B面を含み、前記InGaAlP層をドーブする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてn型に、(311)B面上の領域においてp型になるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項16】 前記InGaAlP層は、Znにより、前記InGaAlP層中のZn濃度が、(100)面上の領域において $7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ になるように、また(311)B面上の領域において $2.1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、(311)B面上の領域において $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーブされることを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項17】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311)A面を含み、前記InGaAlP層をドーブする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてn型に、(311)B面上の領域においてp型になるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項18】 前記InGaAlP層は、Znにより、前記InGaAlP層中のZn濃度が、(100)面上の領域において $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるように、また(311)A面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ に

なるようにドーブされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、(311)A面上の領域において $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ になるようにドーブされることを特徴とする請求項15記載の方法。

【請求項19】 さらに、前記InGaAlP層に隣接して、n型の第2のInGaAlP層を、前記第1および第2のInGaAlP層の間にpn接合が、前記(311)A面上の領域に対応して形成されるように形成する工程を含むことを特徴とする請求項17記載の方法。

【請求項20】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311)A面を含み、前記InGaAlP層をドーブする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてn型になり第1の抵抗率を有するように、また(311)A面上の領域においてp型になり第2の、より大きい抵抗率を有するように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項21】 前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は、前記基板の主面に一致する第1の結晶面と、前記第1の結晶面とは異なった方位の第2の結晶面を含み、前記第2の結晶面は前記基板表面において段部を形成することを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項22】 前記InGaAlP層をドーブする工程は、前記InGaAlP層が、前記第1の結晶面上の領域において第1の導電型を、前記第2の結晶面上の領域において第2の、逆導電型を有するように実行されることを特徴とする請求項21記載の方法。

【請求項23】 前記第2の結晶面は(311)A面を形成し、前記InGaAlP層は、第2のストライプ構造が、前記第2の結晶面に対応する(311)A面を含むことを特徴とする請求項21記載の方法。

【請求項24】 前記第2の結晶面は(411)A面よりなり、前記基板上において段部を形成し、前記InGaAlP層は、前記第2のストライプ構造が、前記第2の結晶面に対応して(411)A面を含むように形成されていることを特徴とする請求項21記載の方法。

【請求項25】 前記第1のストライプ構造を形成する工程は、前記半導体基板の主面として、(100)面に対して傾斜した結晶面を形成する工程を含むことを特徴とする請求項21記載の方法。

【請求項26】 さらに、前記第1のInGaAlP層に隣接して第2の別のInGaAlP層を、前記第1および第2のInGaAlP層の間に、前記第2の結晶面に対応する領域を除き、pn接合が形成されるように形成する工程を含むことを特徴とする請求項21記載の方法。

【請求項27】 前記p型ドーパントと前記n型ドーパ

ントを加える工程は、同時に実行されることを特徴とする、請求項21～26のうち、いずれか一項記載の方法。

【請求項28】 さらに、GaとAsの原料を分解することにより、GaAs層を、前記半導体基板に対してエピタキシーを維持しながら、また前記GaAs層に前記第1および第2のストライプ構造に対応した第3のストライプ構造が形成されるように形成する工程を含み、前記第3のストライプ構造は、前記第1および第2のストライプ構造を形成する結晶面に対応する結晶面により画成されており、前記GaAs層を形成する工程は、ZnおよびSeの気相原料を添加することにより、前記GaAs層を、ZnとSeとにより同時に、前記GaAs層の電気的性質が、(100)面上に成長した領域と他の結晶面上に成長した領域とで異なるようにドーブする工程を含むことを特徴とする請求項8記載の方法。

【請求項29】 前記GaAs層をドーブする工程は、GaAs層の抵抗率が、(100)面上に成長した領域において、他の結晶面上に成長した領域よりも低くなるように実行されることを特徴とする請求項28記載の方法。

【請求項30】 前記GaAs層をドーブする工程は、GaAs層が(100)面上の成長した領域においてp型となり、他の結晶面上に成長した領域においてn型になるように実行されることと特徴とする請求項28記載の方法。

【請求項31】 第1の端から第2の端まで長手方向に延在する半導体基板と；前記基板表面の一部として形成され、前記基板上を前記長手方向に延在する(100)面よりなる第1のストライプ面と、前記第1のストライプ面の両側に、前記長手方向に延在するように形成され、各々(100)面とは異なった結晶面で画成された一対の別のストライプ面とにより構成される第1のストライプ構造と；前記基板上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、前記第1のストライプ構造に対応したストライプ構造を含むInGaAlPよりなる第1のクラッド層と；前記第1のクラッド層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、前記第1のストライプ構造に対応したストライプ構造を含み、前記第1のクラッド層のバンドギャップよりもバンドギャップの狭い非ドーブ半導体材料より構成される活性層と；前記活性層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、前記第1のストライプ構造に対応したストライプ構造を含むInGaAlP層よりなる第2のクラッド層と；前記基板下面に設けられオーミック接触する第1の電極手段と；前記第2のクラッド層上に設けられオーミック接触する第2の電極手段とよりなるレーザダイオードにおいて、

前記第1および第2のクラッド層の一方は、Mgによ

り、前記ストライプ構造に関係なく、実質的に一様な濃度にドーピングされており、前記第1および第2のクラッド層の他方はn型にドーピングされていることを特徴とするレーザダイオード。

【請求項32】 第1の導電型にドーピングされ、第1の端から第2の端まで長手方向に延在する半導体基板と；前記基板表面の一部として形成され、前記基板上を前記長手方向に延在する、第1の結晶方位を有する結晶面よりなる第1のストライプ面と、前記第1のストライプ面に隣接して、前記長手方向に延在するように形成され、第2の異なる結晶方位を有する結晶面で画成された第2のストライプ面とにより構成される第1のストライプ構造と；前記基板上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成されたInGaAlPよりなる第1のクラッド層と；前記第1のクラッド層上に、前記第1のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第1のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第1のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第3のストライプ面と、前記第2のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第4のストライプ面とにより画成される第2のストライプ構造と；前記第1のクラッド層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、非ドーピング半導体材料より構成され、第1の極性の第1のキャリアと第2の逆極性の第2のキャリアとを供給され、前記第1のキャリアと第2のキャリアの再結合により光ビームを形成する活性層と；前記活性層上に、前記第1、第2のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記活性層の一部として延在するように形成されてなり、前記第3のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第5のストライプ面と、前記第4のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第6のストライプ面とにより画成される第3のストライプ構造と；前記活性層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成されたInGaAlP層よりなる第2のクラッド層と；前記第2のクラッド層上に、前記第1～第3のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第2のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第5のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第7のストライプ面と、前記第6のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第8のストライプ面とにより画成される第4のストライプ構造と；前記基板下面に設けられ、これにオーミック接触し、前記第1のキャリアを前記活性層

に、前記第1のクラッド層を介して注入する第1の電極手段と；前記第2のクラッド層上に設けられ、これにオーミック接触し、前記第2のキャリアを前記活性層に、前記第2のクラッド層を介して注入する第2の電極手段とよりなるレーザダイオードにおいて、

前記第1および第2のクラッド層の一方は、少なくとも部分的にp型ドーパントおよびn型ドーパントによりドーピングされており、レーザダイオードの駆動電流を前記活性層に、前記第3のストライプ構造中に前記第5のストライプ領域で画成された部分を介して選択的に注入することを特徴とするレーザダイオード。

【請求項33】 前記p型ドーパントはZnよりなり、前記n型ドーパントはSeよりなることを特徴とする請求項32記載のレーザダイオード。

【請求項34】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(100)面よりなり、前記第2、第4、第6および第8のストライプ面は(311)B面よりなり、前記第1～第8のストライプ面は<011>方向に延在することを特徴とする請求項32または33記載のレーザダイオード。

【請求項35】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は、前記第2、第4、第6または第8のストライプ面を構成する一対の(311)B面により側方から挟持され、前記一対のストライプ面の一方を構成する(311)B面は、<011>方向に見た場合に第1の方向に傾斜し、他方の(311)B面は<011>方向に見た場合に第2の逆の方向に傾斜していることを特徴とする請求項34記載のレーザダイオード。

【請求項36】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(100)面より形成され、前記第2、第4、第6および第8のストライプ面は(311)A面より形成され、前記第1～第8のストライプ面は<011>方向に延在することを特徴とする請求項32記載のレーザダイオード。

【請求項37】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面の各々は、側方から、前記第2、第4、第6または第8のストライプ面を形成する一対の(311)A面により挟持され、前記一対の(311)A面の一方は、<011>方向に見た場合に第1の方向に傾斜し、他方は第2の、逆方向に傾斜することを特徴とする請求項36記載のレーザダイオード。

【請求項38】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は、前記基板の主面に対して傾斜した結晶面よりなり、前記第2、第4、第6および第8のストライプ面は、前記基板主面を構成する結晶面と一致する結晶面よりなることを特徴とする請求項32記載のレーザダイオード。

【請求項39】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(311)A面よりなることを特徴とする請求項38記載のレーザダイオード。



【請求項40】 前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(411)A面よりなることを特徴とする請求項38記載のレーザダイオード。

【請求項41】 前記第1および第3のクラッド層のいずれか一方は、少なくとも部分的に、前記第1および第2の導電型の一方向の導電型を有する第1のドーパントと、他方の導電型を有する第2のドーパントにより同時にドーパされており、レーザダイオードの駆動電流を、前記活性層中の、前記第5のストライプ面に対応する領域に選択的に注入する電流挟持構造を形成し；前記電流挟持構造を形成するクラッド層は第1のサブクラッド層と第2のサブクラッド層とよりなり；前記第1のサブクラッド層は、前記第1および第2のドーパントにより、同時に、それぞれのドープレベルにドーパされ、その際、前記それぞれのドープレベルは、前記第1のサブクラッド層が、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において前記第1のドーパントの導電型にドーパされるように、またキャリア濃度が増大するように設定され、また前記第6のストライプ面に対応する第2の結晶方位を有する領域において前記第2のドーパントの導電型にドーパされるように設定され；前記第2のサブクラッド層は、前記第1のドーパントと同一の導電型を有するドーパントにより第1の導電型にドーパされ、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において、前記第6のストライプ面に対応する領域よりも高いキャリア濃度を有することを特徴とする請求項32記載のレーザダイオード。

【請求項42】 第1の導電型にドーパされ、第1の端から第2の端まで長手方向に延在する半導体基板と；前記基板表面の一部として形成され、前記基板上を前記長手方向に延在する、第1の結晶方位を有する結晶面よりなる第1のストライプ面と、前記第1のストライプ面に隣接して、前記長手方向に延在するように形成され、第2の異なる結晶方位を有する結晶面で画成された第2のストライプ面とにより構成される第1のストライプ構造と；前記基板上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成された化合物半導体よりなる第1のクラッド層と；前記第1のクラッド層上に、前記第1のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第1のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第1のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第3のストライプ面と、前記第2のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第4のストライプ面とにより画成される第2のストライプ構造と；前記第1のクラッド層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、非ドーパ半導体材料より構成され、第1の極性の第1のキャリアと第2の逆極性の第2のキャリアとを供給され、前

記第1のキャリアと第2のキャリアの再結合により光ビームを形成する活性層と；前記活性層上に、前記第1、第2のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記活性層の一部として延在するように形成されてなり、前記第3のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第5のストライプ面と、前記第4のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第6のストライプ面とにより画成される第3のストライプ構造と；前記活性層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成された化合物半導体層よりなる第2のクラッド層と；前記第2のクラッド層上に、前記第1～第3のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第2のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第5のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第7のストライプ面と、前記第6のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第8のストライプ面とにより画成される第4のストライプ構造と；前記基板下面に設けられ、これにオーミック接触し、前記第1のキャリアを前記活性層に、前記第1のクラッド層を介して注入する第1の電極手段と；前記第2のクラッド層上に設けられ、これにオーミック接触し、前記第2のキャリアを前記活性層に、前記第2のクラッド層を介して注入する第2の電極手段とよりなるレーザダイオードにおいて、

前記第2の結晶方位は、前記基板主面に一致する結晶面を規定し、前記第2の結晶方位は、前記基板主面に対して傾斜した結晶面を規定し；前記第1および第2のクラッド層の一方は、少なくとも部分的に、前記第1および第2の導電型の一方向の導電型を有する第1のドーパントと、他方の導電型を有する第2のドーパントとによりドーパされており、レーザダイオードの駆動電流を前記活性層に、前記第3のストライプ構造中に前記第5のストライプ領域で画成された部分を介して選択的に注入する電流挟持構造を形成し；前記電流挟持構造を形成するクラッド層は第1および第2のサブクラッド層よりなり；前記第1のサブクラッド層は、前記第1および第2のドーパントによりそれぞれのドープレベルにドーパされ、その際、前記それぞれのドープレベルは、前記第1のサブクラッド層が、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において前記第1のドーパントの導電型にドーパされるように、またキャリア濃度が増大するように設定され、また前記第6のストライプ面に対応する第2の結晶方位を有する領域において前記第2のドーパントの導電型にドーパされるように設定され；前記第2のサブクラッド層は、前記第1のドーパントと同一の導電型を有するドーパントにより第1の導電型に

ドーブされ、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において、前記第6のストライプ面に対応する領域よりも高いキャリア濃度を有することを特徴とするレーザダイオード。

【請求項43】 前記第1の結晶方位は、基板主面に対して、(311)A面と(411)A面の間の範囲の角度で傾斜していることを特徴とする請求項42記載のレーザダイオード。

【請求項44】 前記第1の結晶方位は、前記(311)A面を規定することを特徴とする請求項43記載のレーザダイオード。

【請求項45】 前記第1の結晶方位は、前記(411)A面を規定することを特徴とする請求項43記載のレーザダイオード。

【請求項46】 前記活性層は、前記第1の結晶方位を有する領域において、前記第2の結晶方位を有する領域よりも厚さが増大していることを特徴とする請求項42記載のレーザダイオード。

【請求項47】 前記第1および第2のクラッド層の各々は、前記第1の結晶方位を有する領域において、前記第2の結晶方位を有する領域よりも厚さが増大していることを特徴とする請求項42または46記載のレーザダイオード。

【請求項48】 前記第2の結晶方位は、(100)面から(111)A面方向に傾斜した結晶面を規定することを特徴とする請求項41～47のうち、いずれか一項記載のレーザダイオード。

【請求項49】 前記第1のストライプ構造は、基板主面上を長手方向に延在する溝よりなり、前記溝は、一対の対向する側壁により、側方から挟持され、その際、前記第1のストライプ面が前記一対の対向する側壁の一方を形成し、前記第2～第4のストライプ構造は、それぞれ前記第1のクラッド層、前記活性層および前記第2のクラッド層上に対応する溝を形成し、前記第2の電極手段は、前記第2のクラッド層上の溝を埋めるように形成され、平坦化した主面を有することを特徴とする請求項47記載のレーザダイオード。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】図41の構造では、リッジ構造が左右からn型のGaAs領域108a、108bにより支持されるように形成されるため、かかるリッジ構造はいわゆるロスガイドを形成し、活性層105中で形成された光はリッジ構造に沿って導波される。これは、リッジ構造両側のGaAsがInGaPやInGaAlPよりもバンドギャップが小さいため活性層で形成された光を吸収し、その結果領域108a、108bにおいて屈折率が

変化するためである。また、かかるリッジ構造ではリッジ両側のGaAs領域108a、108bがn型にドーブされているため駆動電流も前記リッジ構造を流れるように電流狭窄をうける。かかる電流狭窄の結果、図41のレーザダイオードは閾値が低い利点を有する。また、活性層105としてInGaPを使っているため約680nmの波長での発振が可能である。すなわち、図41のレーザダイオードは可視光領域での発振が可能である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】層202が形成されてマスクが除去されると、以後のエピタキシャル成長に必要な良好な結晶面を得るためにp型のGaAsよりなるバッファ層203がエピタキシャル成長され、さらに、図41の中間層110に対応するp型InGaPよりなる中間層204がバッファ層203上にエピタキシャル成長される。中間層204上にはさらにp型InGaAlPよりなるクラッド層205がエピタキシャル成長され、さらにクラッド層205上には非ドーブInGaPよりなる活性層206がエピタキシャル成長される。すなわち、図41のレーザダイオードは可視光領域での発振が可能である。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】さらに、活性層206上にはn型InGaAlPよりなるクラッド層207がエピタキシャル成長され、図41の中間層103に対応するn型InGaAlPよりなる中間層208がエピタキシャル成長される。さらに中間層208上にはn<sup>+</sup>型のGaAsよりなるコンタクト層209がエピタキシャル成長され、さらに上部電極および下部電極(図示せず)がそれぞれコンタクト層209の上主面および基板201の下主面に形成されている。これらのエピタキシャル層は組成の精密な制御を要する理由でMOCVD法により形成され、エピタキシャルプロセス中に必要に応じてドーパントを導入する。通常は、p型ドーパントとしてAnが使用され、またn型ドーパントとしてはSeあるいはSiが使われる。Znはエピタキシャル層を形成するソースガスにジメチル亜鉛((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Zn)を混合することにより導入されるのに対し、Seは水素化セレン(H<sub>2</sub>Se)を混合することで導入される。Siを使う場合はシラン(SiH<sub>4</sub>)あるいはジシラン(Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)が使われる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を、請求項1に記載したように、半導体基板表面上に、前記基板表面上を所定方向に、互いに平行に延在する複数の結晶学的に非等価な結晶面により画成された第1のストライプ構造を形成され、前記半導体基板表面上に、前記第1のストライプ構造を含むように、InGaAlP層を、In、Ga、AlおよびPの気相原料の分解により、前記半導体基板に対してエピタキシーを維持しつつ形成され、その際前記InGaAlP層には、前記第1のストライプ構造に対応した、複数の結晶学的に非等価な結晶面で画成された第2のストライプ構造が形成された構成を有するレーザダイオードの製造方法において、前記InGaAlP層の成長中に、前記In、Ga、AlおよびPの気相原料に、Mgの気相原料を加えることにより、前記InGaAlP層を、前記第2のストライプ構造を形成する結晶面に関係なく、実質的に一様なキャリア濃度で、p型にドーピングする工程を含むことを特徴とするレーザダイオードの製造方法により、または請求項2に記載したように、前記Mgの気相原料は、式 $(C_5H_5)_2Mg$ で表されるビスシクロペンタジエニルマグネシウムを含むことを特徴とする請求項1記載の方法により、または請求項3に記載したように、前記InGaAlP層をドーピングする工程において、Mgの気相原料の供給は、前記InGaAlP層の成長が開始される段階よりも前に開始され、前記InGaAlP層の成長の始めから終わりまで、Mgを前記InGaAlP層中に、実質的に一様な濃度で導入することを特徴とする請求項1記載の方法により、または、請求項4に記載したように、前記ストライプ構造は、 $\langle 011 \rangle$ 方向に延在するストライプ状上主面と、 $\langle 011 \rangle$ 方向に延在する一対のストライプ状側壁面とにより形成されたメサ構造であり、前記上主面は $(100)$ 面方位を有し、前記側壁面は $(311)$ B面方位を有することを特徴とする請求項1記載の方法により、または請求項5に記載したように、さらに、前記InGaAlP層が形成された後、前記InGaAlP層上に、エピタキシーを維持しつつ、前記ストライプ構造を含むように、InGaAlPよりも狭いバンドギャップを有する非ドーピング半導体層を、活性層として成長する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の方法により、または請求項6に記載したように、さらに、前記基板に、前記InGaAlP層の成長が開始されるよりも前に、気相原料の分解によりp型半導体層を形成する段階を含み、前記p型半導体層を形成する段階は、前記半導体層の原料と同時にMg以外のp型ドーパントを供給する工程と、Mgの気相原料

を前記半導体層の気相原料に加えることにより、Mgの供給を開始する工程とよりなり、MgをInGaAlP層の形成工程開始時から、所望の濃度レベルで導入することを特徴とする請求項1記載の方法により、または請求項7に記載したように、さらに、前記InGaAlP層の形成が開始されるよりも前に、InGaAlPよりも狭いバンドギャップを有する非ドーピング半導体よりなる活性層を、前記基板に前記ストライプ構造に整合するように、かつ基板に対してエピタキシーを維持しつつ形成し、前記InGaAlP層を前記活性層上に形成する工程を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、Mg以外のドーパントを、気相原料の形で、前記InGaAlP層の形成工程の開始と同時に供給する工程と、Mgが前記InGaAlP層に十分な濃度で導入された後、Mgの供給を遮断する工程とよりなることを特徴とする請求項1記載の方法により、または請求項8に記載したように、半導体基板表面に形成された、前記表面を含む、複数の、各々所定方向に互いに平行に延在する結晶学的に非等価な結晶面より画成された第1のストライプ構造と、前記半導体基板に、前記第1のストライプ構造を含むように、In、Ga、AlおよびPの気相原料の分解により、前記半導体基板に対してエピタキシーを維持しながら形成されたInGaAlP層と、前記InGaAlP層に前記第1のストライプ構造に対応して形成され、複数の結晶学的に非等価な結晶面により画成された第2のストライプ構造とを有するレーザダイオードの製造方法において、前記InGaAlP層の成長中に、前記In、Ga、AlおよびPの気相原料に、p型ドーパントおよびn型ドーパントを気相原料の形で加えることにより、前記InGaAlP層の電気的性質を、レーザダイオードの駆動電流が、前記第1および第2のストライプ構造の少なくともいずれかの特定の結晶面を選択的に流れるように、前記InGaAlP層の結晶面に応じて変化させることを特徴とするレーザダイオードの製造方法により、または請求項9に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は $(100)$ 面および $(311)$ B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、p型ドーパントとしてMgの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、MgとSeの濃度は、前記InGaAsP層がp型にドーピングされ、その際 $(100)$ 面上に成長した領域のキャリア濃度が $(311)$ B面上に成長した領域のキャリア濃度よりも高くなるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項10に記載したように、前記InGaAlP層は、Mgにより、前記InGaAlP層中のMg濃度が、 $(100)$ 面上および $(311)$ B面上の各領域においていずれも $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ になるようにドーピングされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が $(100)$ 面上の領域において $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

$\text{m}^{-3}$ 、(311) B面上の領域において $8 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされることを特徴とする請求項9記載の方法により、または請求項11に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311) B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、p型ドーパントとしてMgの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、MgとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてp型にドーピングされ、(311) B面上の領域においてn型にドーピングされることを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項12に記載したように、前記InGaAlP層は、Mgにより、前記InGaAlP層中のMg濃度が、(100)面上および(311) B面上の各領域においていずれも $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $6 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ 、(311) B面上の領域において $1.2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされることを特徴とする請求項11記載の方法により、または請求項13に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311) B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層がn型にドーピングされ、キャリア濃度レベルが、(100)面上の領域において、(311) B面上の領域よりも高くなるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項14に記載したように、前記InGaAlP層は、Znにより、前記InGaAlP層中のZn濃度が、(100)面上の領域において $6 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ になるように、また(311) B面上の領域において $1.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、(311) B面上の領域において $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされることを特徴とする請求項13記載の方法により、または請求項15に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311) B面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてn型に、(311) B面上の領域においてp型になるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項16に記載したように、前記InGaAlP層は、Znにより、前記InGaAlP層中のZn濃度が、(100)面上の領域において $7 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ になるように、また(311) B面上の領域にお

いて $2.1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、(311) B面上の領域において $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされることを特徴とする請求項15記載の方法により、または請求項17に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311) A面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてn型に、(311) B面上の領域においてp型になるように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項18に記載したように、前記InGaAlP層は、Znにより、前記InGaAlP層中のZn濃度が、(100)面上の領域において $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ になるように、また(311) A面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされ、またSeにより、前記InGaAlP層中のSe濃度が(100)面上の領域において $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、(311) A面上の領域において $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ になるようにドーピングされることを特徴とする請求項15記載の方法により、または請求項19に記載したように、さらに、前記InGaAlP層に隣接して、n型の第2のInGaAlP層を、前記第1および第2のInGaAlP層の間にpn接合が、前記(311) A面上の領域に対応して形成されるように形成する工程を含むことを特徴とする請求項17記載の方法により、または請求項20に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は(100)面および(311) A面を含み、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、p型ドーパントとしてZnの気相原料と、n型ドーパントとしてSeの気相原料とを同時に加える工程を含み、ZnとSeの濃度は、前記InGaAsP層が(100)面上の領域においてn型になり第1の抵抗率を有するように、また(311) A面上の領域においてp型になり第2の、より大きい抵抗率を有するように設定されることを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項21に記載したように、前記複数の結晶学的に非等価な結晶面は、前記基板の主面に一致する第1の結晶面と、前記第1の結晶面とは異なった方位の第2の結晶面を含み、前記第2の結晶面は前記基板表面において段部を形成することを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項22に記載したように、前記InGaAlP層をドーピングする工程は、前記InGaAlP層が、前記第1の結晶面上の領域において第1の導電型を、前記第2の結晶面上の領域において第2の、逆導電型を有するように実行されることを特徴とする請求項21記載の方法により、または請求項23に記載したように、前記第2の結晶面は(311) A面を形成

し、前記InGaAlP層は、第2のストライプ構造が、前記第2の結晶面に対応する(311)A面を含むことを特徴とする請求項21記載の方法により、または請求項24に記載したように、前記第2の結晶面は(411)A面よりなり、前記基板上において段部を形成し、前記InGaAlP層は、前記第2のストライプ構造が、前記第2の結晶面に対応して(411)A面を含むように形成されていることを特徴とする請求項21記載の方法により、または請求項25に記載したように、前記第1のストライプ構造を形成する工程は、前記半導体基板の主面として、(100)面に対して傾斜した結晶面を形成する工程を含むことを特徴とする請求項21記載の方法により、または請求項26に記載したように、さらに、前記第1のInGaAlP層に隣接して第2の別のInGaAlP層を、前記第1および第2のInGaAlP層の間に、前記第2の結晶面に対応する領域を除き、pn接合が形成されるように形成する工程を含むことを特徴とする請求項21記載の方法により、または請求項27に記載したように、前記p型ドーパントと前記n型ドーパントを加える工程は、同時に実行されることを特徴とする、請求項21～26のうち、いずれか一項記載の方法により、または請求項28に記載したように、さらに、GaとAsの原料を分解することにより、GaAs層を、前記半導体基板に対してエピタキシーを維持しながら、また前記GaAs層に前記第1および第2のストライプ構造に対応した第3のストライプ構造が形成されるように形成する工程を含み、前記第3のストライプ構造は、前記第1および第2のストライプ構造を形成する結晶面に対応する結晶面により画成されており、前記GaAs層を形成する工程は、ZnおよびSeの気相原料を添加することにより、前記GaAs層を、ZnとSeとにより同時に、前記GaAs層の電気的性質が、(100)面上に成長した領域と他の結晶面上に成長した領域とで異なるようにドーピングする工程を含むことを特徴とする請求項8記載の方法により、または請求項29に記載したように、前記GaAs層をドーピングする工程は、GaAs層の抵抗率が、(100)面上に成長した領域において、他の結晶面上に成長した領域よりも低くなるように実行されることを特徴とする請求項28記載の方法により、または請求項30に記載したように、前記GaAs層をドーピングする工程は、GaAs層が(100)面上の成長した領域においてp型となり、他の結晶面上に成長した領域においてn型になるように実行されることと特徴とする請求項28記載の方法により、または請求項31に記載したように、第1の端から第2の端まで長手方向に延在する半導体基板と；前記基板表面の一部として形成され、前記基板上を前記長手方向に延在する(100)面よりなる第1のストライプ面と、前記第1のストライプ面の両側に、前記長手方向に延在するように形成され、各々(100)面とは異なっ

た結晶面で画成された一対の別のストライプ面とにより構成される第1のストライプ構造と；前記基板上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、前記第1のストライプ構造に対応したストライプ構造を含むInGaAlPよりなる第1のクラッド層と；前記第1のクラッド層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、前記第1のストライプ構造に対応したストライプ構造を含み、前記第1のクラッド層のバンドギャップよりもバンドギャップの狭い非ドーピング半導体材料より構成される活性層と；前記活性層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、前記第1のストライプ構造に対応したストライプ構造を含むInGaAlP層よりなる第2のクラッド層と；前記基板下面に設けられオーミック接触する第1の電極手段と；前記第2のクラッド層上に設けられオーミック接触する第2の電極手段とよりなるレーザダイオードにおいて、前記第1および第2のクラッド層の一方は、Mgにより、前記ストライプ構造に関係なく、実質的に一様な濃度にドーピングされており、前記第1および第2のクラッド層の他方はn型にドーピングされていることを特徴とするレーザダイオードにより、または請求項32に記載したように、第1の導電型にドーピングされ、第1の端から第2の端まで長手方向に延在する半導体基板と；前記基板表面の一部として形成され、前記基板上を前記長手方向に延在する、第1の結晶方位を有する結晶面よりなる第1のストライプ面と、前記第1のストライプ面に隣接して、前記長手方向に延在するように形成され、第2の異なった結晶方位を有する結晶面で画成された第2のストライプ面とにより構成される第1のストライプ構造と；前記基板上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成されたInGaAlPよりなる第1のクラッド層と；前記第1のクラッド層上に、前記第1のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第1のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第1のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第3のストライプ面と、前記第2のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第4のストライプ面とにより画成される第2のストライプ構造と；前記第1のクラッド層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、非ドーピング半導体材料より構成され、第1の極性の第1のキャリアと第2の逆極性の第2のキャリアとを供給され、前記第1のキャリアと第2のキャリアの再結合により光ビームを形成する活性層と；前記活性層上に、前記第1、第2のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記活性層の一部として延在するように形成されてなり、前記第3のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結

晶方位を有する結晶面より形成された第5のストライプ面と、前記第4のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第6のストライプ面とにより画成される第3のストライプ構造と；前記活性層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成されたInGaAlP層よりなる第2のクラッド層と；前記第2のクラッド層上に、前記第1～第3のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第2のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第5のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第7のストライプ面と、前記第6のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第8のストライプ面とにより画成される第4のストライプ構造と；前記基板下面に設けられ、これにオーミック接触し、前記第1のキャリアを前記活性層に、前記第1のクラッド層を介して注入する第1の電極手段と；前記第2のクラッド層上に設けられ、これにオーミック接触し、前記第2のキャリアを前記活性層に、前記第2のクラッド層を介して注入する第2の電極手段とよりなるレーザダイオードにおいて、前記第1および第2のクラッド層の一方は少なくとも部分的にp型ドーパントおよびn型ドーパントによりドーブされており、レーザダイオードの駆動電流を前記活性層に、前記第3のストライプ構造中に前記第5のストライプ領域で画成された部分を介して選択的に注入することを特徴とするレーザダイオードにより、または請求項33に記載したように、前記p型ドーパントはZnよりなり、前記n型ドーパントはSeよりなることを特徴とする請求項32記載のレーザダイオードにより、または請求項34に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(100)面よりなり、前記第2、第4、第6および第8のストライプ面は(311)B面よりなり、前記第1～第8のストライプ面は<011>方向に延在することを特徴とする請求項32または33記載のレーザダイオードにより、または請求項35に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は、前記第2、第4、第6または第8のストライプ面を構成する一对の(311)B面により側方から挟持され、前記一对のストライプ面の一方を構成する(311)B面は、<011>方向に見た場合に第1の方向に傾斜し、他方の(311)B面は<011>方向に見た場合に第2の逆の方向に傾斜していることを特徴とする請求項34記載のレーザダイオードにより、または請求項36に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(100)面より形成され、前記第2、第4、第6および第8のストライプ面は(311)A面より形成され、前記第1～第8のストライプ面は<01-1>方向に延在することを特徴

とする請求項32記載のレーザダイオードにより、または請求項37に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面の各々は、側方から、前記第2、第4、第6または第8のストライプ面を形成する一对の(311)A面により挟持され、前記一对の(311)A面の一方は、<01-1>方向に見た場合に第1の方向に傾斜し、他方は第2の、逆方向に傾斜することを特徴とする請求項36記載のレーザダイオードにより、または請求項38に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は、前記基板の主面に対して傾斜した結晶面よりなり、前記第2、第4、第6および第8のストライプ面は、前記基板主面を構成する結晶面と一致する結晶面よりなることを特徴とする請求項32記載のレーザダイオードにより、または請求項39に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(311)A面よりなることを特徴とする請求項38記載のレーザダイオードにより、または請求項40に記載したように、前記第1、第3、第5および第7のストライプ面は(411)A面よりなることを特徴とする請求項38記載のレーザダイオードにより、または請求項41に記載したように、前記第1および第3のクラッド層のいずれか一方は、少なくとも部分的に、前記第1および第2の導電型の一方の導電型を有する第1のドーパントと、他方の導電型を有する第2のドーパントにより同時にドーブされており、レーザダイオードの駆動電流を、前記活性層中の、前記第5のストライプ面に対応する領域に選択的に注入する電流狭窄構造を形成し；前記電流狭窄構造を形成するクラッド層は第1のサブクラッド層と第2のサブクラッド層とよりなり；前記第1のサブクラッド層は、前記第1および第2のドーパントにより、同時に、それぞれのドーブレベルにドーブされ、その際、前記それぞれのドーブレベルは、前記第1のサブクラッド層が、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において前記第1のドーパントの導電型にドーブされるように、またキャリア濃度が増大するように設定され、また前記第6のストライプ面に対応する第2の結晶方位を有する領域において前記第2のドーパントの導電型にドーブされるように設定され；前記第2のサブクラッド層は、前記第1のドーパントと同一の導電型を有するドーパントにより第1の導電型にドーブされ、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において、前記第6のストライプ面に対応する領域よりも高いキャリア濃度を有することを特徴とする請求項32記載のレーザダイオードにより、または請求項42に記載したように、第1の導電型にドーブされ、第1の端から第2の端まで長手方向に延在する半導体基板と；前記基板表面の一部として形成され、前記基板上を前記長手方向に延在する、第1の結晶方位を有する結晶面よりなる第1のストライプ面と、前記第1のストライプ面に隣接して、前記

長手方向に延在するように形成され、第2の異なった結晶方位を有する結晶面で画成された第2のストライプ面とにより構成される第1のストライプ構造と；前記基板上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成された化合物半導体層よりなる第1のクラッド層と；前記第1のクラッド層上に、前記第1のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第1のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第1のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第3のストライプ面と、前記第2のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第4のストライプ面とにより画成される第2のストライプ構造と；前記第1のクラッド層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成され、非ドーパ半導体材料より構成され、第1の極性の第1のキャリアと第2の逆極性の第2のキャリアとを供給され、前記第1のキャリアと第2のキャリアの再結合により光ビームを形成する活性層と；前記活性層上に、前記第1、第2のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記活性層の一部として延在するように形成されてなり、前記第3のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第5のストライプ面と、前記第4のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第6のストライプ面とにより画成される第3のストライプ構造と；前記活性層上に、第1の端から第2の端まで長手方向に延在するように形成された化合物半導体層よりなる第2のクラッド層と；前記第2のクラッド層上に、前記第1～第3のストライプ構造に整合して第1の端から第2の端まで長手方向に、前記第2のクラッド層の一部として延在するように形成されてなり、前記第5のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第1の結晶方位を有する結晶面より形成された第7のストライプ面と、前記第6のストライプ面に対応し、前記長手方向に延在し、前記第2の結晶方位を有する結晶面により形成された第8のストライプ面とにより画成される第4のストライプ構造と；前記基板下面に設けられ、これにオーミック接触し、前記第1のキャリアを前記活性層に、前記第1のクラッド層を介して注入する第1の電極手段と；前記第2のクラッド層上に設けられ、これにオーミック接触し、前記第2のキャリアを前記活性層に、前記第2のクラッド層を介して注入する第2の電極手段とよりなるレーザダイオードにおいて、前記第2の結晶方位は、前記基板主面に一致する結晶面を規定し、前記第2の結晶方位は、前記基板主面に対して傾斜した結晶面を規定し；前記第1および第2のクラッド層の一方は、少なくとも部分的に、前記第1および第2の導電型の一方の導電型を

有する第1のドーパントと、他方の導電型を有する第2のドーパントとによりドーパされており、レーザダイオードの駆動電流を前記活性層に、前記第3のストライプ構造中に前記第5のストライプ領域で画成された部分を介して選択的に注入する電流狭窄構造を形成し；前記電流狭窄構造を形成するクラッド層は第1および第2のサブクラッド層よりなり；前記第1のサブクラッド層は、前記第1および第2のドーパントによりそれぞれのドーパレベルにドーパされ、その際、前記それぞれのドーパレベルは、前記第1のサブクラッド層が、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において前記第1のドーパントの導電型にドーパされるように、またキャリア濃度が増大するように設定され、また前記第6のストライプ面に対応する第2の結晶方位を有する領域において前記第2のドーパントの導電型にドーパされるように設定され；前記第2のサブクラッド層は、前記第1のドーパントと同一の導電型を有するドーパントにより第1の導電型にドーパされ、前記第5のストライプ面に対応し第1の結晶方位を有する領域において、前記第6のストライプ面に対応する領域よりも高いキャリア濃度を有することを特徴とするレーザダイオードにより、または請求項43に記載したように、前記第1の結晶方位は、基板主面に対して、(311) A面と(411) A面の間の範囲の角度で傾斜していることを特徴とする請求項42記載のレーザダイオードにより、または請求項44に記載したように、前記第1の結晶方位は、前記(311) A面を規定することを特徴とする請求項43記載のレーザダイオードにより、または請求項45に記載したように、前記第1の結晶方位は、前記(411) A面を規定することを特徴とする請求項43記載のレーザダイオードにより、または請求項46に記載したように、前記活性層は、前記第1の結晶方位を有する領域において、前記第2の結晶方位を有する領域よりも厚さが増大していることを特徴とする請求項42記載のレーザダイオードにより、または請求項47に記載したように、前記第1および第2のクラッド層の各々は、前記第1の結晶方位を有する領域において、前記第2の結晶方位を有する領域よりも厚さが増大していることを特徴とする請求項42または46記載のレーザダイオードにより、または請求項48に記載したように、前記第2の結晶方位は、(100) 面から(111) A面方向に傾斜した結晶面を規定することを特徴とする請求項42～47のうち、いずれか一項記載のレーザダイオードにより、または請求項49に記載したように、前記第1のストライプ構造は、基板主面上を長手方向に延在する溝よりなり、前記溝は、一对の対向する側壁により、側方から挟持され、その際、前記第1のストライプ面が前記一对の対向する側壁の一方を形成し、前記第2～第4のストライプ構造は、それぞれ前記第1のクラッド層、前記活性層および前記第2のクラッド層上に対応



する溝を形成し、前記第2の電極手段は、前記第2のクラッド層上の溝を埋めるように形成され、平坦化した主面を有することを特徴とする請求項48記載のレーザダイオードにより、解決する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正内容】

【0050】一方、図8(B)のプロセスはp型GaAs基板の場合に対して適用される。この場合には、p型の基板構造体300上に、GaAsバッファ層303が形成される際に、層303をZnを導入することによりp型にドーピングする工程を含む。さらに、層303の成長がまだ続いている間にMgの供給を、GaAs層303のソースガスにビス(シクロペンタジエニル)マグネシウムを混合することにより、開始する。その際、Mgの量はGaAsバッファ層303の成長と共に増大し、バッファ層303上に中間層304が成長される頃にはほぼ一定値になっている。さらに、中間層304の成長開始と同時にZnの供給が停止される。Znのエピタキシャル層への取込みはZn供給停止と同時に直ちに停止される。中間層304の成長が停止された後もMgの供給は続けられ、第1のクラッド層305の成長が開始される。かかる成長の結果、層304、305のホール濃度レベルは実質的に一定になる。クラッド層305が所定の厚さに成長すると、Mgの供給は停止され、同時にエピタキシャル層のソースも変更される、非ドーピング活性層306の成長が開始される。さらに、このようにして成長した活性層306上にSeあるいはSiによりドーピングされたInGaAlPよりなる第2のクラッド層307が形成される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0058

【補正方法】変更

【補正内容】

【0058】図11(A)はInGaAlPのエピタキシャル中におけるMgおよびSeの濃度レベルを種々の結晶面について示す図であり、Seの濃度が(311)B面において(100)面よりも増加することがわかる。換言すると、Seの濃度、従って電子濃度はInGaAlP層では(100)面において(311)B面におけるよりもやや減少する。一方、InGaAlP層にSeと同時にドーピングされるMgの濃度レベルおよびこれに対応するホールの濃度レベルは結晶面に無関係にほぼ一定であることがわかる。さらに、図11(A)の例ではMgの濃度は(311)B面および(100)面のいずれにおいてもSeの濃度よりも高く設定されている。その結果、InGaAlP層は結晶面によらずp型にド

ープされ、また(311)B面と(100)面でキャリア濃度が異なることに起因して結晶面に応じて抵抗率が変化する。より具体的には、(100)面で電子濃度が低いことに起因してホール濃度が(311)B面上よりも(100)面上で高くなっている。そこで、図11

(A)の原理を使うことにより、クラッド層の抵抗率がメサ構造の(100)面ストライプ部分で選択的に低下し、同時に(311)B斜面で選択的に増加するように形成することが可能になる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0066

【補正方法】変更

【補正内容】

【0066】表3のドーピングレベルを使った場合、図12に斜線部で示した(311)B面部分の導電型を選択的に反転させることができ、これによりクラッド層305の斜面部において駆動電流を阻止することが可能になる。その結果、注入された駆動電流は図中に矢印で示したように、メサ構造の(100)ストライプ面に対応した活性層306のストライプ面に集中的に注入され、レーザ発振の効率が向上する。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0068

【補正方法】変更

【補正内容】

【0068】また、クラッド層207をSeとZnにより同時にドーピングすることにより、図12に斜線部で示すような電流狭窄構造をクラッド層207に形成することができる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0072

【補正方法】変更

【補正内容】

【0072】

【表5】

ドーパント(キャリア)濃度レベル( $\text{cm}^{-3}$ )

	(100)	(311)B
Zn	$7 \times 10^{17}$	$2.1 \times 10^{18}$
Se	$1 \times 10^{18}$	$2 \times 10^{18}$
キャリア	$n = 3 \times 10^{17}$	$p = 1 \times 10^{17}$

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073



【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】次に、クラッド層305、307にさらに別の電流狭窄構造を埋設されたことを特徴とする、本発明の第3実施例を説明する。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0075

【補正方法】変更

【補正内容】

【0075】図16はMOCVD法により成長されたGaAs層において生じる導電型の変化を示す。図16を参照するに、GaAs層を(100)面上に成長させ、SeとZnをいずれも約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で同時にドーピングした場合、高抵抗層が得られることがわかる。一方、GaAs層を成長させる結晶面が(100)面に対して(111)B面方向に傾いている場合、Zn濃度は傾斜角の増加と共に徐々に減少し、GaAs層はn型にドーピングされる。さらに、Seの濃度レベルをZnよりもやや低く設定した場合、GaAs層は(100)面上に成長した場合はZnから放出されたホールが過剰になってp型になるが、傾斜角が増大するにつれてZn濃度は徐々に減少し、図16よりわかるように導電型は傾斜角が約10度のところで反転する。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正内容】

【0087】図21は、ZnとSeで同時にドーピングされたInGaAlP層におけるキャリア濃度と結晶面の関係を示す図である。図中、黒丸はSeが放出する電子の濃度レベルを(111)A面方向への結晶面の傾斜角の関数として示し、一方白丸はZnから放出されるホールの濃度レベルをやはり(111)A面方向の傾斜角の関数として示す。また、黒三角と白三角はそれぞれInGaAlP層がZnとSeで同時にドーピングされた場合の電子濃度レベルの変化とホール濃度レベルの変化を表す。図21よりわかるように、エピタキシャル層が(100)面上に成長された場合には、Seから放出される電子の濃度はZnから放出されるホールの濃度を上回るが、エピタキシャル層が(411)A面あるいは(311)A面上に成長される場合にはこの関係は、図1、図2の關係に整合して逆転する。より具体的には、(411)A面あるいは(311)A面上に成長したエピタキシャル層はp型にドーピングされ、これに対して(100)面上に成長したエピタキシャル層はn型にドーピングされる。図21の例では、(100)面上では約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度レベルと $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ のホール濃度レベルが得られるのに対し、(311)A面上では同

一の条件下で約 $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の電子濃度レベルと約 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のホール濃度レベルが得られる。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0092

【補正方法】変更

【補正内容】

【0092】図23を参照するに、本実施例のレーザダイオードはp型GaAs基板401上に形成されてなり、基板401上には図12のメサ構造301aに相当するメサ構造401aが形成されている。すなわち、メサ構造401aは<01-1>方向に延在する(100)面方位のストライプ面401cと、その両側に延在する(311)A面方位の斜面401b<sub>1</sub>、401b<sub>2</sub>とにより画成されてなり、基板401上には図12のバッファ層303に対応してバッファ層402が形成されている。さらに、図12の中間層304に対応する中間層403がバッファ層402上に形成される。中間層403上には、図12のクラッド層305に対応するクラッド層404がMgをドーパントとして形成されており、その結果、クラッド層404は一様にp型にドーピングされている。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0094

【補正方法】変更

【補正内容】

【0094】クラッド層407上には、先の実施例の図12の中間層308に対応するInGaPよりなるn型の中間層408が成長され、p型GaAsよりなる電流阻止層409が中間層408上に成長される。さらに、層409はメサ構造部分で中間層408が露出されるようにパターンニングされ、n型GaAsコンタクト層410が電流阻止層409上に、露出された中間層408表面に接するように堆積される。さらに、上部電極および下部電極411、412が層410の上主面および基板401の下主面にそれぞれオーミック接触するように形成される。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正内容】

【0099】さらに、クラッド層425<sub>1</sub>上にSeドーピングされたInGaAlPよりなる別のクラッド層425<sub>2</sub>が形成され、非ドーピングInGaPよりなる活性層426が層425<sub>2</sub>上に、メサ構造に整合する形状で形成される。活性層406上にはp型InGaAlPよりなるクラッド層427がエピタキシャル成長され、さらにp型InGaPよりなる中間層428がクラッド層427

上に形成され、ついでp型GaAsよりなるコンタクト層429が層428上に通常通り、成長される。このようにして層状半導体構造体が形成されて後、上部電極430がp型GaAsコンタクト層上主面に堆積され、さらにn型GaAs基板421の下主面に下部電極431が形成される。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0105

【補正方法】変更

【補正内容】

【0105】基板441'上には、図25の各エピタキシャル層に対応するエピタキシャル層443'~448'が、逆の導電型で順次形成される。すなわち、エピタキシャル層443'はエピタキシャル層443に対応し、エピタキシャル層444'はエピタキシャル層444に対応し、エピタキシャル層445'はエピタキシャル層445に対応し、エピタキシャル層446'はエピタキシャル層446に対応し、エピタキシャル層447'はエピタキシャル層447に対応し、エピタキシャル層448'はエピタキシャル層448に対応し、エピタキシャル層449'はエピタキシャル層449に対応する。ただし、非ドープ活性層を構成する層445、445'を除いて、導電型は逆転されている。さらに、層444'の構成はp型InGaAlPの単層よりなる点が相違している。同様に、層446'の構成は、層446'が二つの層、すなわち下部層446<sub>1</sub>および上部層446<sub>2</sub>の積層よりなる点で相違している。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0137

【補正方法】変更

【補正内容】

【0137】図37は図35のレーザダイオードの別の变形例を示す。本变形例によるレーザダイオードは上主面601bが(100)面に対して(111)A面方向に約+8°傾斜したn型GaAs基板601を使用する。ここで、正の傾斜角は時計回り方向への傾斜を示す。さらに、基板601には<01-1>方向へ延在するメサ構造601aが形成されており、メサ構造601aは(311)A面方位の側壁面601cとこれに対向するように形成され(100)面から(111)A面方向に-9°の角度傾斜した別の側壁面601dとにより画成されている。その結果、表面601dは基板601の主面601bと結晶学的に等価な面を構成する。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0138

【補正方法】変更

【補正内容】

【0138】このように形成された基板601上に、エピタキシャル層602~606が順次堆積され、このうち、層602は図35のクラッド層502に対応し、層603は図35の活性層506に対応し、層604は図35のクラッド層507に対応し、層605は図35のクラッド層508に対応し、層606は図35の層509に対応する。さらに、p型GaAsよりなるコンタクト層607が図35のコンタクト層511に対応して層606上に形成される。また、層607の上主面上には上部電極608が、また基板601の下主面上には下部電極609が形成される。ここで、層602はSeまたはSによりn型にドーパされ、一方層604、606はMgまたはZnによりp型にドーパされる。一方、クラッド層605にはZnとSeの同時ドーパがなされる。

【手続補正20】

【補正対象書類名】図面

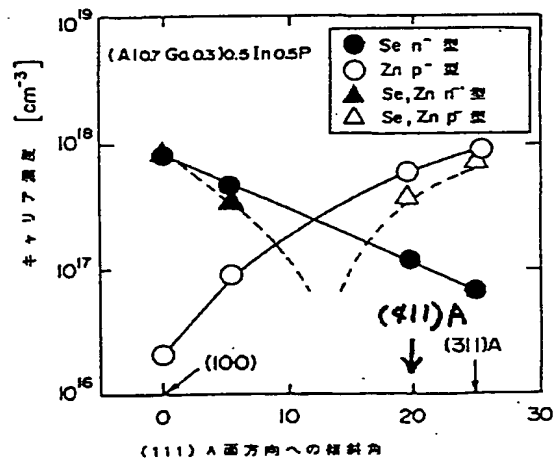
【補正対象項目名】図21

【補正方法】変更

【補正内容】

【図21】

本発明の第4~第7実施例の原理を説明する図(その一)



【手続補正21】

【補正対象書類名】図面

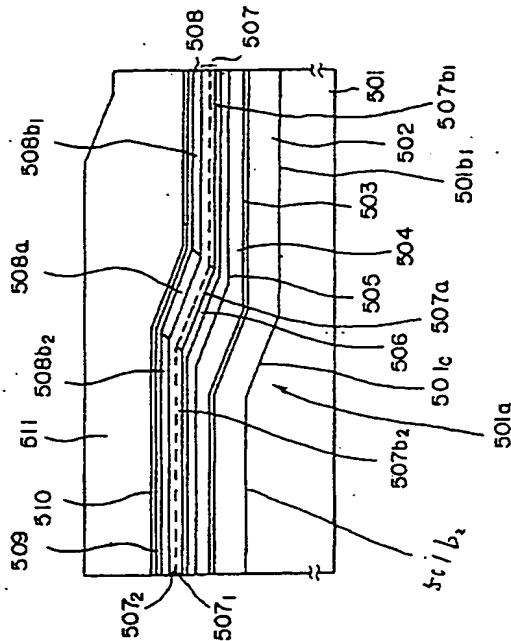
【補正対象項目名】図36

【補正方法】変更

【補正内容】

【図36】

第7実施例の一変形例を示す図



【手続補正22】

【補正対象書類名】図面

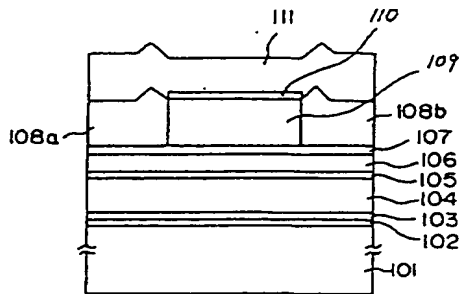
【補正対象項目名】図41

【補正方法】変更

【補正内容】

【図41】

従来のリッジ型レーザダイオードの構造を示す図



【手続補正23】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図42

【補正方法】変更

【補正内容】

【図42】

従来のリッジ型レーザダイオードにおいて生じる収差を説明する図

